DINÁMICA DE SISTEMAS

CASOS Y APLICACIONES EN LATINO AMÉRICA

DINÁMICA DE SISTEMAS:
CASOS Y APLICACIONES EN LATINO AMÉRICA

Editado por

Isaac Dyner

y

Luisa Rodríguez





Dinámica de Sistemas: Casos y Aplicaciones en Latino América
Capítulo Latinoamericano – Sociedad Dinámica de Sistemas
Centro de Complejidad – CeiBA

Editores
Isaac Dyner
Luisa Rodríguez

2008

ISBN: 978-958-44-3260-5

Contenido

PRÓLOGO

El presente documento es resultado de la investigación y el desarrollo de aplicaciones en Dinámica de Sistemas adelantado por diferentes autores dentro del ámbito latinoamericano. Aquí se reúne mucho de lo que para cada uno de ellos es el deber ser de la disciplina, como herramienta para solucionar problemas en los diferentes campos en que cada quien se desempeña.

La Dinámica de Sistemas (DS) ha tenido avances importantes después del período comprendido entre los 50s hasta inicios de los 80s, caracterizado por el poco conocimiento y aplicación de la disciplina en los contextos mundiales, diferentes a los llevados a cabo en el MIT y otras pocas instituciones, en donde estuvo concentrada la mayor parte de la actividad. A partir de los 80s empieza un proceso amplio de difusión de la DS en Europa con efectos en América Latina. Se inicia una fuerte actividad investigativa, con publicaciones y libros; además se inician programas de doctorado con un alto contenido y orientación hacia la DS, lo cual permitió la propagación alrededor del mundo de la nueva herramienta apoyada en los diferentes paquetes aplicativos al alcance de todos, factor determinante en la consolidación de las diferentes comunidades de DS, especialmente la Latinoamericana, con la conformación del Capítulo a inicios del 2000 y el surgimiento de las diferentes publicaciones como la Revista y el Boletín, así como muchos trabajos investigativos en diferentes áreas con participación de ponencias plenarias en los diferentes eventos internacionales y la realización consecutiva e ininterrumpida de los encuentros nacionales y congresos latinoamericanos. Si bien es cierto que ha habido una actividad importante, no ha sido suficiente, toda vez que la producción textual ha sido escasa y no ha permitido un trabajo integrado y coordinado, con impacto e incidencia en la formulación de las políticas públicas en nuestros países.

Este libro se propone como un intento hacia la integración de la comunidad para continuar trabajando en este sentido, a la vez que sirva de base en la construcción colectiva de documentos y material didáctico, escritos en un lenguaje autóctono y orientado especialmente a nuestro público latinoamericano.

De esta manera, en el marco del 4º Congreso Latinoamericano en Cancún México, nace, en medio del majestuoso embrujo de la Cultura Maya, la idea de construir un documento colectivamente haciendo uso del Internet. Teniendo en cuenta la apremiante necesidad de aunar esfuerzos en torno a la enseñanza y desarrollo de didácticas para la práctica de la DS, evidenciada en los cuatro encuentros colombianos y cinco congresos latinoamericanos, surge la cada vez más urgente necesidad de trabajar hacia la construcción de lenguajes comunes en el abordaje tanto teórico como práctico, así como de difundir y promover dentro de los contenidos curriculares en nuestras universidades y entornos académicos el uso de la DS y el pensamiento sistémico.

El objetivo principal fue el divulgar la DS mediante la construcción de un documento publicable (Dinámica de Sistemas: Casos y Aplicaciones en Latino América) a través de un proyecto integrador que articulara las siguientes actividades:

- Construcción colectiva de un lenguaje común.
- Socialización de experiencias en texto escrito alrededor de la práctica de la docencia en DS de los participantes.
- Producción de material didáctico para la enseñanza de DS.
- Puesta en común de materiales desarrollados para la enseñanza de DS.

En esta edición presentamos un abanico interesante de trabajos que van desde los desarrollos didácticos para aprender y ensañar a usar la DS y a pensar de manera sistémica, hasta aplicaciones de ésta en diferentes ámbitos como educación, política pública y estrategia empresarial.

En la primera parte se entregan seis capítulos. El primero presenta varios conceptos alrededor de reconocer la importancia de aprender a pensar sistémicamente. El segundo capítulo muestra algunos desarrollos en pedagogía de la DS; en éste se desarrolla una propuesta para reorientar la asignatura de teoría general de sistemas hacia la DS y el pensamiento sistémico en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Magdalena en Santa Marta, Colombia, mediante el uso de diversas estrategias pedagógicas narrativas e interactivas novedosas. Como tercer capítulo, el autor ofrece un conjunto de ejercicios aplicativos del lenguaje de los "diagramas de flujos y acumuladores" para elaborar modelos cuantificables de sistemas dinámicos. El cuarto capítulo brinda algunos ejemplos de la utilización de palabras y frases clave dentro del proceso de comunicación cotidiana encaminados a sensibilizar e inducir a pensar sistémicamente. El quinto capítulo presenta una guía al lector sobre los conceptos y elementos básicos en el diseño de experimentos de laboratorio en ambientes dinámicos, enfocados a su aplicación en DS. Como sexto capítulo presentamos la propuesta de aplicación y difusión de la DS en la educación preescolar, básica y media colombiana que hace el Grupo de Investigación SIMON de la Universidad Industrial de Santander.

La segunda parte se compone de cuatro capítulos dedicados a aplicaciones en educación. El primer capítulo define lineamientos metodológicos para el diseño de micromundos que sirvan de apoyo en la gestión del cambio y la toma de decisiones en las organizaciones, en particular, en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia, como caso de estudio. El segundo presenta bases para la formulación de estrategias metodológicas en el fortalecimiento del emprendimiento y la asociatividad en dos instituciones educativas oficiales de Bogotá y soportadas por un modelo dinámico que representa el sistema, facilitando su comprensión y futuras acciones. El tercero intenta, mediante ejemplos aplicativos, demostrar que el proceso de enseñanza – aprendizaje de la contabilidad puede ser más efectivo si se utiliza la DS. El cuarto capítulo propone un modelo que simula la estructura sistémica para alcanzar una carrera profesional exitosa a partir de cuatro decisiones clave.

La tercera parte está dedicada a la aplicación de la DS como guía en la

formulación de políticas públicas. De esta manera, el primer capítulo es una aproximación teórica y metodológica a la utilización de la DS en la gestión del impacto socioambiental en las fases de diseño, construcción y operación de grandes proyectos de infraestructura; se expone el caso de los proyectos hidroeléctricos Miel I y Porce III, en la región andina colombiana. El segundo capítulo hace una descripción teórica de los micromundos, denominados Enerbiz, del inglés Energy Business, creados por la Universidad Nacional de Colombia para analizar los mercados del sector eléctrico colombiano a raíz de la introducción de la competencia en las diferentes actividades del sector; se muestran las principales características de los desarrollos y cuál ha sido la experiencia en la utilización de los mismos. El tercer capítulo describe la dinámica de transmisión de la malaria y propone un modelo para la vigilancia y control de la misma a partir de la incidencia que los cambios climatológicos tienen sobre el desarrollo del mosquito. Como cuarto capítulo se presenta un modelo para la administración del riesgo en los fondos de pensiones en Brasil como herramienta de análisis en el planteamiento de las políticas gubernamentales al respecto. Como quinto capítulo tenemos el análisis desde la DS de las estructuras del crimen y la justicia en Colombia.

En la cuarta y última parte del libro presentamos, en dos capítulos, aplicaciones de la DS en el diseño de estrategias empresariales. En el primero se hace un análisis de modelos para el desarrollo y validación de estrategias gerenciales como plataforma de experimentación y aprendizaje en la toma de decisiones organizacionales futuras. En el segundo capítulo el autor propone la vinculación causal entre los cuadrantes de la matriz FODA, con el lenguaje y herramientas del pensamiento dinámico sistémico, añadiendo valor a la clásica herramienta de referencia.

En suma, esta publicación, más que pretender ser una simple compilación de los trabajos en DS en Iberoamérica, es una invitación a dar a conocer nuestros trabajos y servir de espacio interdisciplinario de discusión en torno a las metodologías, las temáticas y los mecanismos de aplicación de la disciplina a nuestros diversos entornos y realidades socioeconómicas y culturales.

Isaac Dyner y Luisa Rodríguez
Marzo de 2008

PARTE I
Pedagogía de la Dinámica de Sistemas

NOTAS SOBRE CONCEPTOS BÁSICOS DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO

Material preparado por: **Lic. Ma. Angélica Martínez Medina, MTI**
Monterrey, N.L.
Diciembre 2004

INTRODUCCIÓN

> *"Desde muy temprana edad nos enseñan a analizar los problemas, a fragmentar el mundo. Al parecer esto facilita las tareas complejas, pero sin saberlo pagamos un precio enorme. Ya no vemos las consecuencias de nuestros actos…Cuando intentamos ver la imagen "general", tratamos de ensamblar nuevamente los fragmentos, enumerar y organizar todas las piezas, pero esta tarea es fútil: es como ensamblar los fragmentos de un espejo roto para ver un reflejo fiel. Al cabo de un tiempo desistimos de tratar de ver la totalidad".*
> ***Peter Senge***
> ***La Quinta Disciplina***

Con esta cita de Peter Senge iniciamos una serie de lecturas que nos guiarán en la incursión al pensamiento sistémico. Si bien, estamos concientes de que formamos parte de "algo mayor", muy pocas veces nos ponemos a pensar sobre qué, quiénes nos influyen en nuestro entorno y qué tanto influimos nosotros en el entorno.

Te preguntarás el qué hace interesante el conocer el Pensamiento Sistémico, pues bien, el pensamiento sistémico ofrece una nueva perspectiva de valor ante los continuos problemas organizacionales, nuestro rol en ellos, así como el los problemas comunes que nos rodean en nuestra vida cotidiana.[1]

Uno de los aspectos más importantes que se retoman con un pensamiento sistémico es el que veamos que todo está interconectado (cosas y personas) en una red infinita y compleja de sistemas. Cuando empezamos a ver el mundo y nuestro entorno inmediato por medio de estos "lentes", empezaremos a ver nuestras circunstancias con una nueva luz (perspectiva), por ello, tomaremos mayor responsabilidad de nuestro propio rol dentro de los problemas, acciones, e impacto de nuestras acciones, e identificando formas más efectivas (eficientes) para manejar controlar dirigir dificultades que se presenten concurrentemente. [1]

El pensamiento sistémico tiene un poder y un potencial que una vez que uno se introduce en él se es difícil de resistir a continuar usándolo. [1]

1.1. HISTORIA. [2]

Durante la **Revolución industrial**, las ciencias físicas eran todo lo necesario para explicar la vida, durante esta época, el hombre desarrolló máquinas que iban a satisfacer su propósito principal que era el hacer su trabajo.

Siendo la revolución industrial el resultado de cómo el hombre aplicó su ingenio para automatizar sus sistemas de trabajo. Se vio enfrascado en un proceso mental para

pasar del "qué" al "cómo", para traducir la fuerza bruta que se aplicaba al trabajo en una fuerza mínima -pero suficiente- para producir productos en cantidades que nunca antes imaginó.

En esta época el pensamiento predominante era el del tipo Mecanisista.

El enfoque de la era de la máquina se caracterizó por tener un razonamiento analítico, basado en las doctrinas del reduccionismo y mecanicismo con una base determinista.

El **reduccionismo** sostiene que todos los objetos y eventos están formados por elementos últimos o partes indivisibles.

El **pensamiento analítico** se refiere a un proceso mental por el cuál se descompone cualquier cosa que se quiera explicar y, por consiguiente, poder comprender sus componentes.

El postulado del **determinismo** dice que: "Una causa es necesaria y suficiente para que se de un efecto".

Hagamos una pausa y preguntémonos si este tipo de razonamiento es suficiente para entender y explicar los problemas complejos que tenemos hoy en día.

Actualmente vivimos en una sociedad que se caracteriza por el aumento en la complejidad, la interdependencia y el cambio. Donde la tecnología moderna ha alterado por completo algunas ramas el contexto del material viviente y estos tienen impacto en nuestro entorno cercano. Estos cambios tecnológicos han producido mayor riqueza, más consumo, más educación, en consecuencia es necesario modificar nuestra sociedad para incrementar su habilidad de aprender y adaptarse.

Todo esto nos lleva a presentar otra propuesta de pensamiento: el Enfoque de Sistemas. Este enfoque tiene características que complementan al pensamiento mecanicista producto de la Revolución Industrial.

La era de los sistemas

El enfoque de sistemas, tiene como precursor al biólogo Ludwing Von Bertalanffy, quien predijo que los sistemas se convertirían en el punto de apoyo, que con ellos se podría manejar y comprender de forma más efectiva los problemas de naturaleza viviente si se integraban al estudio disciplinas aparentemente ajenas al objeto de estudio.

El **pensamiento sistémico** es una disciplina para ver totalidades, provee un conjunto de herramientas y técnicas, y es también un lenguaje que nos ayuda a comunicarnos sobre el sistema y sus interconexiones.

Este tipo de pensamiento conlleva a un cambio de enfoque en el que ahora:

1. Veamos las *interrelaciones* en vez (en lugar) de concatenaciones lineales causa-efecto.
2. Veamos *procesos de cambio* en vez de instantáneas[i].
3. Veamos con mayor claridad que *todo* es *dinámico*, *complejo* e *interdependiente*.

[i] Implica el dejar de ver una "foto instantánea" de lo que vemos en un momento determinado y cambiar a un enfoque en el que veamos "procesos" que son los responsables de los cambios que estudiamos.

4. Veamos un problema complejo "siendo sistémicos", lo analicemos y propongamos una solución en este mismo enfoque.

El pensamiento sistémico tiene las siguientes características:

Es **expansionista**: se pretende ubicar al objeto de estudio en un contexto mayor, para entender las partes que conforman el sistema en función del objetivo del todo.

Es un **pensamiento sintético**: implica un proceso mental en el cuál se integra una visión del todo que se quiere explicar (revela el por qué trabajan las cosas). Busca representaciones del tipo **Productor-Producto**, el cuál indica que una causa es necesaria más no suficiente para que se de un efecto[ii], y se buscan relaciones de causalidad tipo red, esto es, ciclos de retroalimentación entre las variables.

1.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS.

Una vez comprendida la importancia del enfoque de sistemas, pasamos a definir algunos conceptos básicos relativos a los sistemas que son de suma importancia entender.

¿Qué son los sistemas?

Un **sistema** es un grupo de componentes que interactúan, interrelacionados o interdependientes que forman un todo complejo e unificado. (Ejemplos: Una organización, el cuerpo humano, etc.) [3]

Sistema: es un conjunto de dos o más elementos interrelacionados de cualquier especie que buscan un objetivo en común. [2]

Podemos pensar en los sistemas como un conjunto de nodos fijados en una red gigante en la cuál todo está conectado. También se puede diferenciar entre los sistemas naturales y los sistemas hecho-por-el hombre (*human-made systems*), los sistemas no-vivientes (*nonliving systems*). [3]

Dentro de los **sistemas naturales** tenemos el cuerpo de un ser viviente, las sociedades humanas, un ecosistema; los cuales tienen un gran número y complejidad de componentes e interacciones entre esos componentes. También tienen un número infinito de conexiones a todos los sistemas alrededor de ellos. [3]

Dentro de los **sistemas hecho-por-el hombre** tenemos los carros, los cuales también pueden ser bastantes complejos, pero estos sistemas no-vivientes no están ligados tan profundamente con los sistemas que los rodean. [3]

Los sistemas no-vivientes hecho-por-el hombre son más autónomos que los sistemas naturales, de los cuales podemos pensar que son más abiertos en sus conexiones con los sistemas circundantes. [3]

Ejemplos:

- Si un coche se descompone, el impacto de este evento no va más allá de arreglarlo. No sucede lo mismo a si una especie fuera quitada de un ecosistema de la pradera.

[ii] Esta característica es muy importante, ya que los problemas complejos precisamente van a requerir no de una, sino posiblemente más de una causa para ser generados.

Características esenciales de los sistemas [3]

1. **Las partes de un sistema deben estar todas presentes para que el sistema realice su propósito de manera óptima.** Si se retiran u omiten componentes sin afectar su funcionamiento y sus relaciones, entonces se tiene solamente una colección de componentes y no un sistema.

   Por ejemplo, si quitamos los limones de un canasto lleno de cítricos, tendremos menos cítricos, pero no ha habido cambio en la naturaleza de la colección de los componentes (Cítricos). Por tanto, este no se trata de un sistema. De manera similar, si a esta colección agregamos otros cítricos (digamos mandarinas) sin alterar su funcionalidad o relación, seguimos teniendo una canasta de cítricos. Pero si agregáramos manzanas, entonces tendríamos algo más que cítricos en la canasta lo cuál ha hecho que cambie la naturaleza del canasto, ya no es más una colección de cítricos.

2. **Las partes de un sistema se deben arreglar de una manera específica para que el sistema realice su propósito.** Si los componentes de una colección pueden combinarse de manera aleatoria, entonces no forman parte de un sistema.

   Por ejemplo, en un tazón de frutas, las naranjas pueden ir en el fondo, en el centro, o en la tapa sin cambiar la naturaleza esencial de la colección de fruta.

3. **Los sistemas tienen propósitos específicos dentro de un sistema mayor.** Todos los sistemas tienen un propósito específico en relación al sistema mayor en el cual están inmersos. No se puede forzar a que dos o más sistemas estén juntos para obtener un nuevo sistema más grande. Tampoco se puede subdividir un sistema y tener automáticamente dos sistemas más pequeños con funcionamiento similares.

   “Si divides un elefante por la mitad, no se obtienen dos elefantes más pequeños. Y si juntas dos elefantes pequeños, no se obtiene un elefante más grande.”

4. **Los sistemas mantienen su estabilidad por medio de fluctuaciones y ajustes**. Los sistemas buscan mantener su estabilidad.

   Por ejemplo: una organización hace lo mejor para mantener el margen de utilidad designado.
   La mayoría de los cuerpos humanos trabajan para mantener una temperatura de cerca de los 36 grados de Celsius.

5. **Los sistemas tienen realimentación (retroalimentación).** Un sistema posee realimentación en sí mismo.

   La característica más importante de la regeneración es que proporciona el catalizador para un cambio en el comportamiento. - a regeneración es la transmisión y retorno de información.

   Pero como todos los sistemas son parte de un sistemas mayor, un sistema también tiene realimentaciones en entre sí mismo y los sistemas externos.
   En algunos sistemas, la realimentación y los ajustes de procesos suceden tan rápidamente que es relativamente fácil que un observador los siga. En otros sistemas, puede tomar un tiempo muy largo antes de que la realimentación se obtenga.

Como puntos adicionales a las características ya mencionadas podemos mencionar las siguientes:

1. Cada parte del sistema aporta al logro del propósito del mismo.
2. Las partes del sistema están organizadas para cumplir el propósito del sistema (cada parte interactúa por lo menos con otra).
3. Los sistemas presentan ciclos de retroalimentación entre sus elementos y el sistema que lo contiene.

Componentes de un sistema

Los elementos que componen un sistema pueden ser objetos físicos que pueden tocarse o bien pueden ser intangibles. [3]

Ejemplos:

- Componentes tangibles: Las partes que componen un automóvil (Puertas, llantas, cofre, motor, asientos, etc.).
- Componentes intangibles como: procesos; relaciones personales; políticas de la empresa; flujos de información; interacciones interpersonales; y estados internos de la mente tales como sensaciones, sentimientos, valores, y creencias.

Los sistemas tienen dos componentes principales:

a. De acuerdo a su nivel jerárquico, se pueden identificar a los elementos que constituyen un sistema en dos niveles:

1. **Subsistemas**: Son los elementos que pertenecen a un sistema mayor, el cuál tiene las condiciones de un sistema en sí mismo pero que tiene un papel en la estructura y comportamiento del sistema mayor.

   La subdivisión del sistema puede ser hecha desde diferentes puntos de vista y a diferentes niveles de detalle.

2. **Suprasistema**: El término se aplica a las entidades de las cuales forma parte el sistema que se está estudiando.

   Es posible identificar uno o varios suprasistemas en base al contexto del sistema bajo estudio.

b. De acuerdo a sus límites:

Fronteras del sistema: Son los límites del sistema bajo estudio. Es la línea que separa al sistema de su entorno (o suprasistema) y que define lo que pertenece y lo que queda fuera de él.

A continuación veamos un ejemplo de sistemas y sus componentes:

Sistema	Subsistemas (Posibles subdivisiones)	Componentes tangibles	Componentes intangibles
México	a) Geografía. b) Sectores Industrial.	a) Montañas, Ríos, Lagos, Mares, Llanos, etc. b) Empresas, Maquinaria, personas.	a) Límites de cada estado, Límite con otro país. b) Políticas regulatorias,..

Tipos de sistemas

Los sistemas podemos clasificarlos de acuerdo a:

Por su comportamiento:

- Un **sistema abierto**, es un sistema en continuo intercambio de materia, energía e información con su medio. Es vital el conocer al medio que lo rodea.

- Un **sistema cerrado** no tiene relaciones con su medio (No existen sistemas completamente cerrados).

Por su cambio a través del tiempo:

- Un **sistema dinámico**, es el que muestra cambios en su estructura o en las relaciones entre sus elementos a través del tiempo.

- Un **sistema estático** es aquel cuya estructura y relaciones entre sus elementos pueden considerarse permanentes a través del tiempo.

Por el grado de interdependencia que tengan: [4]

- **Sistema abierto** es aquel que acepta entradas del medio ambiente y puede entregar salidas en él, es decir, es altamente dependiente del medio ambiente.

- **Sistema cerrado** es aquél que es totalmente independiente del medio ambiente.

Por la influencia de la salida en la entrada del sistema: [5]

- Un **sistema abierto** está caracterizado por salidas que responden a las entradas; pero donde las salidas están aisladas y no tienen influencia en las entradas.

- Un **sistema cerrado** está influenciado por su propio comportamiento pasado (también llamado sistema de retroalimentación). Un sistema cerrado tiene una estructura de ciclo cerrado que trae resultados de acciones pasadas al sistema para controlar futuras acciones.

1.3. NIVELES DE ENTENDIMIENTO. [3]

Los sistemas se construyen en base a estructuras que dejan evidencia de su presencia. Resulta difícil describir el concepto de estructura, en los términos simples, la **estructura** es la manera sobre la cual los componentes del sistema están interrelacionados –esto es, la organización de un sistema. La estructura es invisible, pero está definida por las interrelaciones de las partes de un sistema y no las partes en sí mismas.

La importancia de entender la estructura de un sistema radica en que es la estructura de un sistema quien explica todos los eventos y tendencias que podemos observar que suceden en el mundo que nos rodea.

	Modo de acción	Orientación en el tiempo	Forma de percibirse	Pregunta a realizarse
Evento	Reacción	Presente	Evento observado	¿Cuál es la manera más rápida de reaccionar ante este evento ahora?
Patrón	Adaptación	↓	Medición o seguimiento de patrones de eventos	¿Qué tipo de tendencias o patrones de eventos parecen estar repitiéndose?
Estructura	Creación de cambio	Futuro	Diagramas de ciclos causales y otras herramientas de pensamiento de sistemas	¿Qué estructuras están presentes que están causando estos patrones?

Figura 1.1. Niveles de entendimiento.

Eventos

Solo se puede reaccionar a un evento nuevo en lugar de anticiparlo y darle forma. Lo que es más, las soluciones diseñadas en un nivel de evento tienden a ser de breve duración. Y lo que es más importante, no hacen nada para modificar la estructura fundamental que originó ese evento.

El siguiente nivel implica el movernos de un pensamiento de nivel de eventos a un pensamiento de nivel de patrones.

Patrones

Los patrones nos permiten entender la realidad a un nivel más profundo. Los **patrones** son tendencias o cambios en los eventos sobre el tiempo. Siempre que se tenga un patrón de eventos, se está cerca de descubrir la estructura sistémica que genera ese patrón.

La ventaja del pensamiento en el nivel de patrón, en comparación con el nivel de eventos es que el detectar un patrón ayuda a colocar el evento más reciente en el contexto de otros eventos similares. El foco de atención es por tanto es, sacar el evento específico, y concentrarnos en explorar cómo la serie de eventos están relacionados y empezar a pensar en qué los causaron. Por último, se puede anticipar acontecimientos y cambiar en última instancia un patrón.
Una vez más, se requiere cambiar de nivel de pensamiento a un pensamiento a nivel estructura.

Estructuras

Es aquí donde está el poder del pensamiento a nivel de estructuras: las acciones que se toman a este nivel son *creativas*, porque ayudan a dar forma a un futuro diferente, el futuro que se desea.

Esto no quiere decir que las acciones de apalancamiento pueden encontrarse solamente en el nivel de estructura. El apalancamiento es un concepto relativo, no un absoluto.

Nuestra capacidad de influenciar en el *futuro* aumenta cuando nos movemos del nivel de eventos al nivel de patrones al nivel de pensamiento de estructuras, pero en ocasiones la mejor acción que podemos hacer es el concentrarnos en el presente, en el nivel de eventos. Pero, si hiciéramos solamente eso, las acciones serían consideradas de un apalancamiento bajo para la perspectiva del largo plazo.

El arte de pensar en el nivel de una estructura sistémica viene con el conocimiento de cuándo es mejor tratar un problema en el nivel de evento, patrón o estructura, y cuándo utilizar una combinación de los tres.

1.4. CONCEPTOS BÁSICOS DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO.

El pensamiento sistémico ofrece una serie de herramientas y un marco de referencia para ver las cosas de una manera sistémica. Por otra parte, puede también verse como un lenguaje que ofrece una forma para comunicar las complejidades dinámicas y sus interdependencias.

Principios del pensamiento sistémico

En general, el pensamiento de los sistemas es caracterizado por estos principios:

- **Pensar con una visión "ampliada" ("big picture").** Implica ser capaz de dar un paso atrás del acontecimiento y mirarlo con una visión más ampliada, más grande.

  Cualquier problema en el que puedas pensar en este momento es parte de un sistema mayor. Por tanto, para descubrir el origen de un problema, se debe ampliar o expandir el área de visión para incluir el sistema mayor. Con esta nueva perspectiva, tenemos una mayor oportunidad de encontrar una solución más efectiva.

- **Balancear las perspectivas a corto plazo y a largo plazo.** El pensamiento sistémico muestra que los comportamientos que condice al éxito en el corto plazo afectar el éxito de acciones a largo plazo.

  Al pensar en cualquier decisión, el mejor enfoque es lograr un equilibrio razonable, considerar opciones a corto plazo y a largo plazo y buscar la línea de acción que abarque ambos. La clave es el estar conscientes de todos los impactos potenciales de cualquier estrategia que se elija.

- **Reconocer la naturaleza dinámica, compleja e interdependiente de los sistemas.** Si vemos al mundo de manera sistémica, vemos que todos es dinámico, complejo, e interdependiente.

- **Considerar factores cuantitativos y cualitativos.** El pensamiento de sistemas fomenta el uso de datos cuantitativos y cualitativos. Ninguno de los dos es mejor; ambos son importantes y complementarios.

- **Recordar que somos parte de los sistemas en el cual funcionamos y que cada uno influimos en aquellos sistemas incluso mientras somos**

influenciados por ellos. Uno de los principios más retadores del pensamiento sistémico es que usualmente nosotros mismos contribuimos a nuestros propios problemas.

Cuando observador con una visión ampliada de las cosas, en el largo plazo, a menudo podemos ver que hemos jugado un papel en los problemas que enfrentamos actualmente.

Consecuencias involuntarias. La conexión es simple: el problema nos acosa hoy como una consecuencia involuntaria de una solución que se realizó ayer.

Suposiciones. En ocasiones, nuestras suposiciones son las que nos meten en problemas.

Valores y creencias. El tener ciertos valores y creencias pueden bloquear la manera en que tomamos decisiones.

El pensamiento sistémico como un lenguaje especial

El pensamiento sistémico ofrece una manera diferente de comunicación sobre la manera en que vemos al mundo y de trabajar juntos de una manera más productiva al entender y solucionar problemas complejos.

Visto como un lenguaje, el pensamiento sistémico tiene características únicas que lo hacen ser una herramienta de valor para tratar temáticas de sistemas complejos:

- Se enfatiza el observar los "todos" en lugar de las partes y enfatiza el papel de las interconexiones. Lo más importante, es que se reconoce que somos parte de un sistema en el cuál funcionamos y por eso, contribuimos en el comportamiento de esos sistemas.
- Es un lenguaje circular más que lineal. Se centra en las "interdependencias cerradas", donde x influye en y, y influye a z, y z regresa e influye a x.
- Tiene un conjunto de reglas precisas que reduce la ambigüedad y los malos entendidos que pueden surgir cuando se habla de situaciones complejas.
- Ofrece herramientas visuales, como diagramas causales y gráficas de comportamiento sobre el tiempo. Estos diagramas son ricos para mostrar implicaciones y consecuencias, permitiendo un mejor entendimiento. Hacen énfasis en la dinámica del problema y no en las culpas individuales.
- Abre una ventana nueva en nuestros esquemas mentales, traduciendo nuestras percepciones individuales a imágenes explícitas que pueden dejar ver diferencias significativas en puntos de vista ligeramente distintos.

REFERENCIAS UTILIZADAS:

[1] Virginia Anderson y Lauren Johnson. Systems Thinking Basics: From Concepts to Causal Loops. To the reader. Page vii. (March 1997) Ed. Pegasus Communications. ISBN: 1883823129

[2] Notas del profesor 1. Autor de contenido: Ing. Gloria Pérez Salazar. Año 2000.

[3] Virginia Anderson y Lauren Johnson. Systems Thinking Basics: From Concepts to Causal Loops. Section 1. Page 1. (March 1997) Ed. Pegasus Communications. ISBN: 1883823129

[4] Rojas Cabrera, Francisco. Desarrollo de simuladores basados en casos y modelación dinámica para el sostenimiento de sistemas de calidad. Tesis. (2003). Monterrey, N.L. – Turban, 1995

[5] Rojas Cabrera, Francisco. Desarrollo de simuladores basados en casos y modelación dinámica para el sostenimiento de sistemas de calidad. Tesis. (2003). Monterrey, N.L. – Forrester, 1971

SAMUEL PRIETO MEJÍA

HERRAMIENTAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA DINAMICA DE SISTEMAS

EL USO DE LA LITERATURA, CARICATURA ,CUENTO Y MICROMUNDOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA DINAMICA DE SISTEMAS

GRUPO GIAO – Grupo de Investigación en Aprendizaje Organizacional

Programa de Ingeniería de Sistemas

Universidad del Magdalena

CONTENIDO

INTRODUCCIÒN

En este capitulo de libro se hace una descripción de herramientas que podrían ser usadas para complementar la enseñanza de la dinámica de sistemas y también para ilustrar su aplicación.

El uso del cuento y la caricatura es descrito en la primera ponencia titulada:

"EL USO DE CUENTOS Y CARICATURAS PARA LA ENSEÑANZA DE IDEAS DINÁMICO SISTEMICAS EN EL AMBITO INFANTIL Y EMPRESARIAL"

Presentada en el tercer encuentro Colombiano y Latino Americano de Dinámica de Sistemas, realizado en la ciudad de Cartagena en el año 2005.

La segunda ponencia presentada en el mismo evento hace referencia al uso de literatura popular que puede ayudar a describir los conceptos dinámico sistémicos de una forma mas sencilla por parte de profesores o capacitadores, esta ponencia se titula:

"UTILIZACIÓN DE LITERATURA POPULAR PARA LA ENSEÑANZA DE CONCEPTOS SISTEMICOS CON EL LIBRO "EL CUADRANTE DEL FLUJO DE DINERO"

En la tercera y cuarta ponencia se muestran algunas aplicaciones de la dinámica de sistemas para explicar conceptos de desarrollo alternativo mediante la construcción de micro mundos. En este caso la dinámica de sistemas muestra su utilidad para reemplazar los comunes caso de estudio utilizado en la enseñanza de conceptos económicos. Estas ponencias fueron presentadas en el quinto encuentro colombiano de dinámica de sistemas realizado en la ciudad de Medellín en el año 2007. Estas ponencias se titularon:

EL PENSAMIENTO DINÁMICO SISTÉMICO Y SU UTILIDAD PARA LA EXPLICACIÓN DE PROPUESTAS DE DESARROLLO ALTERNATIVO

JUEGO DE SIMULACIÓN: NEGOCIOS PARA CONDICIONES DE VIDA SOSTENIBLE

Espero que esta literatura contribuya a entender un poco más las aplicaciones y herramientas de enseñanza del campo de la dinámica de sistemas no solo como técnica si no también como forma de pensamiento.

Santa Marta, Octubre del 2007

I. EL USO DE CUENTOS Y CARICATURAS PARA LA ENSEÑANZA DE IDEAS DINÁMICO SISTEMICAS EN EL AMBITO INFANTIL Y EMPRESARIAL

Samuel Prieto Mejía
Zuany Luz Paba Argote
Grupo de Investigación sobre Aprendizaje Organizacional (GIAO)
Programa de Ingeniería de Sistemas
Universidad del Magdalena
zpaba@hotmail.com *
prietosamuel@hotmail.com*
www.geocities.com/giaosantamarta

RESUMEN

Este artículo pretende resaltar los trabajos que adelantan diversos autores norteamericanos (principalmente Linda Booth Sweeney y David Hutchens) para tratar de llevar los conceptos dinámico sistémicos al público infantil y empresarial con el uso de cuentos y caricaturas.

La enseñanza de conceptos e ideas desde hace mucho tiempo se hace más fácil con el uso de metáforas, parábolas o cuentos debido a que con estas herramientas las personas no se sienten atacadas o agredidas, son de mayor recordación y el vocabulario utilizado no es extenso, lo que hace su comprensión mas rápida y alcance mayor.

La literatura infantil contiene cuentos o relatos que pueden ser usados para transmitir ideas dinámico sistémicas a los niños como lo expone "Linda Booth Sweeney" en su libro "When a Butterfly Sneezes", donde muestra doce (12) cuentos norteamericanos que sirven como herramienta para la transmisión de ideas dinámico sistémicos de una forma sencilla.

Otro destacado autor que utiliza relatos apoyados en caricaturas para transmitir ideas dinámico sistémicos y de aprendizaje organizacional en el ámbito empresarial es David Hutchens quien ha lanzado recientemente "Learning Fabbles Series" cinco libros ilustrados y otra serie de apoyos como diapositivas, libros de bolsillo.

Con este artículo pretendemos incentivar la adopción de las herramientas del cuento y caricatura para la transmisión de ideas dinámico sistémicas en español.

Índice de Términos— Aprendizaje Organizacional, Cuento y Caricatura, Dinámica de Sistemas, Enseñanza de Sistemas

ABSTRACT

This report pretend to jut out jut out the work that are doing several North American authors (principally Linda Booth Sweeney and David Hutchens) for treat of give Dynamic Systemic to the Childs' and the managerial public with the use of stories and caricature.

The teaching of the concepts and ideas' transmition since a lot time are doing easier with the use of metaphor, parable or stories, this due that whit this tools, the persons aren't felling attacking, It's bigger remembering and the vocabulary that is used it isn't large that to do its understanding faster and its reach to a big public.

Childs' literature have stories that can being used to transmit Dynamics systemic way to the children how to explain "Linda Booth Sweeney" in her book "When a Butterfly Sneezes" where she show twelve (12) North American stories that are using how tool to transmit Dynamics Systemic ideas in a simple way.

Other important authors that used stories supporting by caricatures to transmit Dynamic systemic ideas and the organizational learning in the managerial ambit, He is David Hutchens who has published recently "Learning Fables Series" five illustrated book and other tools using like transparency, pocked book that are using as help to assessor and lecturer.

Finally we try motivated the use of stories and caricature tools to transmit Dynamic System ideas in spanish

KEY WORDS : *Learning Organizational*, *Stories and Caricature* , System Dynamics, Teach of Systems

INTRODUCCION

Ideas Dinámico sistémicas

En la década de los 30 el biólogo alemán Ludwing Von Bertanlanffy expone su teoría general de los sistemas. Esta teoría es mostrada como una alternativa a la forma clásica en que la ciencia abordaba el estudio de los fenómenos. En el paradigma clásico, el fenómeno es dividido en tantas partes como sea posible para disminuir su complejidad, bajo la suposición que la suma de las partes es igual al todo. Esta concepción tuvo bastante éxito en la interpretación de los fenómenos físicos, pero no en los biológicos y sociales. Por el contrario, en el enfoque de la teoría de Sistemas son más importantes las relaciones entre los objetos que los objetos mismos.

Keneth Building, Ashby, N. Weiner entre otros, hicieron algunos aportes a la teoría de sistemas, logrando que ésta, estructurara un cuerpo científico. En consecuencia, dicha teoría fue aprobada como disciplina científica en la década de los 50, momento definitivo que promueve su influencia en otras comunidades científicas.

A partir de la teoría de sistemas se comienzan a consolidar algunas disciplinas que tratan de aplicar los conceptos encontrados. Entre las que han mostrado su utilidad práctica se pueden destacar: la teoría del control, la investigación de

operaciones, la topología matemática, la ingeniería de Sistemas, la dinámica de sistemas, y la psicología.

La teoría de sistemas permite empezar a entender fenómenos que nos afectan directamente y que sólo podríamos estudiar por modelos ideales.

La dinámica de sistemas es una metodología que, inspirada en la teoría general de sistemas y en la teoría de los procesos de realimentación; la cibernética, entre otros, guía mediante un conjunto de pasos bien definidos, el proceso de construcción formal de modelos matemáticos. Este conjunto de pasos los resume el profesor Javier Aracil en su libro "Introducción a la Dinámica de Sistemas", así: En primer lugar se observan los modos de comportamiento del sistema real para tratar de identificar los elementos fundamentales del mismo; por ejemplo, los síntomas de una perturbación. En segundo lugar, se buscan las estructuras de realimentación que puedan producir el comportamiento observado. En tercer lugar, a partir de la estructura identificada se construye el modelo matemático de comportamiento del sistema en forma idónea para ser tratado sobre un computador. En cuarto lugar, el modelo se emplea para simular, como en un laboratorio, el comportamiento dinámico implícito en la estructura identificada. En quinto lugar, la estructura se modifica hasta que sus componentes y el comportamiento resultante coincidan con el comportamiento observado en el sistema real. Por último, se modifican las decisiones que puedan ser introducidas en el modelo de simulación hasta encontrar decisiones aceptables y utilizables que den lugar a un comportamiento real mejorado”.

En la actualidad, a nivel empresarial y educativo, estos conceptos han tomado auge debido a su capacidad de explicar situaciones administrativas y de aprendizaje que muestran comportamientos anti-intuitivos y de largo plazo, que no eran posible de explicar con conceptos tradicionalmente utilizados para la administración y la enseñanza.

Aunque el uso del computador para la implementación de estas ideas dinámico sistémicas está tomando popularidad, aun se encuentra dificultad, pues algunas comunidades escolares, no tienen acceso a la tecnología, y además la comprensión de conceptos matemáticos que implica el uso de esta metodología no son solo una barrera más en la escuela, sino también en el ámbito empresarial, por tanto exploraremos la posibilidad de usar la narrativa y la imagen en la transmisión de estos conceptos.

La enseñanza de conceptos dinámicos sistémicos utilizando la Narrativa y la imagen como modelación.

Dos aspectos atraen nuestra atención para determinar que las intenciones de utilizar nuevas estrategias para transmitir las ideas sistémicas pueden resultar muy efectivas: se trata de la narrativa y de la imagen como recursos que ofrecen grandes ventajas para lograr transformar conceptos sobre algo, motivar a su utilización y lograr efectivamente un aprendizaje en un grupo.

Se hace necesario entonces, reflexionar un poco acerca del concepto de "pensamiento narrativo". El relato es, para Paul Ricoeur, imitación o representación de acciones, entrelazamiento de hechos y, por ello, el relato está implicado en nuestra manera de vivir el mundo y contiene nuestro conocimiento práctico. Sostiene Ricoeur (1999) que hay una relación mimética entre el orden de la acción y el de la vida, y un trabajo de pensamiento que se opera en toda configuración narrativa y que se realiza en una "refiguración" de la experiencia temporal. Implica, así mismo, un trabajo comunitario de construcción de un mundo inteligible por medio de un conocimiento que es figurativo y lógico.

Recientemente, al menos dos autores, J.M. Schaeffer y J. Bruner han coincidido en considerar la narración como un importante instrumento de conocimiento humano, que comparan con la modalidad científica de pensamiento (Sin duda es importante aquí la sugerencia de Ricoeur, para quien Los relatos son "modelos para volver a describir el mundo"). Bruner contrapone dos modalidades de funcionamiento cognitivo o de pensamiento: la paradigmática, o lógico-científica, y la narrativa. La primera, que se ocupa de causas generales y está dirigida por hipótesis de principios, emplea la categorización, un lenguaje regulado por requisitos de coherencia y no contradicción, conexiones formales y referencias verificables. En cambio, la modalidad narrativa se ocupa de las intenciones y acciones humanas.

Siguiendo a Ricoeur, Bruner sostiene que la narrativa se basa en la preocupación por la condición humana. En un relato deben construirse dos panoramas simultáneamente. "Uno es el panorama de la acción, donde los constituyentes son los argumentos de la acción: agente, intención o meta, situación, instrumento; algo equivalente a una "gramática del relato". El otro es el panorama de la conciencia: los que saben, piensan o sienten, o dejan de saber, pensar o sentir: los que intervienen en la acción. Los dos panoramas son esenciales y distintos: los consideraremos en la construcción de nuestras adaptaciones de cuentos o la construcción de nuevos, que a partir de nuestra experiencia e investigaciones sobre las ideas sistémicas, podamos utilizar como estrategias fundamentales para el aprendizaje organizacional.

En apoyo de esta forma de concebir el relato acuden también los trabajos de Greimas, para quien una característica primitiva o irreductible del relato consiste en que sucede conjuntamente en el plano de la acción y en la subjetividad de los protagonistas. Desde la perspectiva psicológica, el criterio del "panorama dual" es interesante, sostiene Bruner (1996: 32), "al sugerir cómo el lector es ayudado a ingresar en la vida y la mente de los protagonistas: sus conciencias son los imanes que producen la empatía. Además, la correspondencia entre la visión "interior" y la realidad "exterior" constituye uno de los conflictos humanos clásicos", motivo más que nos confirma la influencia y eficacia de este tipo de lenguaje para utilizarlo como estrategia de aprendizaje.

En la línea de entender el relato como un poderoso medio de conocimiento, Schaeffer afirma que ninguna sociedad puede reproducirse sin una transmisión de los saberes sociales (es decir, de las creencias interiorizadas en bloque y no adquiridas por aprendizaje individual) y en este sentido, toda sociedad se reproduce parcialmente por modelización "mítica" (1999: 49)

El máximo representante del rechazo de la representación, Platón, no puede reconocer el "contagio" mimético como un tipo de conocimiento, en cierta forma, al decir de Schaeffer, más fundamental que el de la razón dialéctica y la persuasión racional. Pero se puede

también, como Aristóteles, ver en las actividades lúdicas miméticas una relación con el mundo original, irreductible a ninguna otra actividad, e ilustrativa de un comportamiento antropológico cuya función no podría ser realizada por ninguna otra actitud respecto al mundo (Schaeffer, 1999: 50-51). Ésta es, por supuesto, la forma en que lo entiende también J.M. Schaeffer, quien sostiene que la capacidad de comprender las ficciones artísticas presupone el desarrollo de una aptitud psicológica específica que se adquiere en la infancia (todo niño debe aprender a distinguir entre el "hacer como que" y el hacerlo realmente): la capacidad de reconocer la autonomía de la facultad imaginativa y la importancia de su papel en la vida mental y el desarrollo cultural.

Pero es necesario atender a un concepto introducido por este autor, el de "modelización mítica", al que ha atribuído la capacidad de reproducir y transmitir en bloque los saberes sociales. El concepto de modelo es importante en esta obra, que argumenta sobre el vínculo que existe entre imitación, ficción y conocimiento. En inteligencia artificial se llama "simulación" a la creación de modelos cognitivos que reproducen "las propiedades estructurales requeridas y los principios operatorios de la entidad que se quiere simular". La forma más simple de modelizar es la ejemplificación de situaciones y secuencias de comportamiento, que pone a nuestra disposición esquemas de situaciones, escenarios de acciones, constelaciones emotivas y éticas, que son susceptibles de ser interiorizadas por inmersión y que, eventualmente, pueden ser reactivadas de manera asociativa (Schaeffer, 1999: 47, 76).

Volviendo ahora a la ficción, sostiene Schaeffer que un modelo ficcional es siempre de facto una modelización del universo real. Accedemos a la ficción con las mismas competencias mentales y representacionales que nos sirven para representarnos la realidad. Incluso las más fantásticas ficciones que podamos inventar siempre serán variantes de lo que significa para nosotros que algo "sea una realidad" (1999: 218). En este punto coinciden también los estudios de Umberto Eco sobre la narración, ya que, según este autor, hasta los mundos narrativos más imposibles tienen como fondo lo que es posible en el mundo que concebimos como real. Las entidades y situaciones que no son explícitamente nombradas y descritas como diferentes del mundo real son entendidas a partir de las leyes que aplicamos a la comprensión del mundo real.

Así pues, la narración de ficción construye un modelo análogo del universo real, lo que permite, como en todos los modelos, conocer la estructura y los procesos internos de la realidad y manipularla cognitivamente. La realidad de la que se ocupa la ficción es la de las acciones e intenciones humanas, los procesos psíquicos y los conflictos que se derivan de los desajustes entre la visión "interior" y "exterior" de un proceso. Como puede apreciarse, al considerar las operaciones cognitivas que se realizan por medio de la construcción de ficciones. El interés de las ficciones, por el contrario, está, desde esta perspectiva, en su capacidad de proporcionar modelos del mundo que los receptores pueden elaborar cognitivamente para conocer la estructura interna de los procesos que les resultan problemáticos, como son los que implican las relaciones y los afectos humanos

Teniendo en cuenta, que no sólo implementaremos el uso de la narrativa como recurso para elaborar nuevas estrategias para procesos de aprendizaje sobre las ideas sistémicas, sino que acudiremos a otro elemento del lenguaje que con suficientes argumentos convence acerca de su efectividad en estos procesos, abriremos un espacio

para presentar las razones por las cuales la utilizaremos. Nos referimos a la magia y poder que tiene la IMAGEN, el lenguaje visual.

Más de un siglo de historia del cine es suficiente para testimoniar que la imagen puede ser utilizada como expresión y como estímulo del pensamiento, como expresión y como estímulo de la reflexión y de la racionalidad. Pero no hace falta recurrir a los grandes creadores audiovisuales para certificarlo. Abundan los intelectuales que, sin estar profesionalmente vinculados al mundo de la imagen, reconocen explícitamente la importancia de la imagen en la génesis de su pensamiento.

Einstein es muy radical al respecto: «Las palabras o el lenguaje, tal como son escritos y hablados, no parecen desempeñar papel alguno en mi mecanismo de pensamiento. Las entidades físicas que parecen servir como elementos en el pensamiento son signos ciertos e imágenes más o menos claras que pueden ser voluntariamente reproducidas y combinadas... Las palabras convencionales u otros signos han de buscarse laboriosamente en una etapa secundaria, cuando el antes citado juego asociativo está suficientemente establecido y puede ser reproducido a voluntad» (citado por Linda Verlee Williams, 1986, pág. 43).

Muchos especialistas sobre el tema, y aun el común de la gente, piensan que sin el apoyo de imágenes se torna difícil activar el pensamiento abstracto. Por otra parte, la cita de Einstein y su propia trayectoria intelectual ponen de manifiesto la posibilidad de utilizar la imagen como puente, como vía de acceso a la racionalidad.

Aristóteles había dicho ya que el alma jamás piensa sin una imagen. El científico Benoit Mandelbrot, especialista en geometría fractal, confesó que pensaba siempre en imágenes. El físico Niels Bohr: «El trabajo más importante de un científico consiste en crear imágenes nuevas». Y el propio Einstein: «Si no puedo dibujarlo, es que no lo entiendo».

Tanto los científicos como los grandes creadores audiovisuales nos ofrecen el testimonio de sus posibilidades creativas y desveladoras.

La imagen puede ayudar al educador y al comunicador a cumplir la función de puente, ya que su especificidad expresiva facilita la conexión entre las polaridades de las que se ha hablado hasta ahora:

1 . Entre el cerebro emotivo y el cerebro pensante. Jean-Paul Sartre se preguntaba: «¿No será la imagen una síntesis de la afectividad y del saber?». La imagen, que conecta de manera inevitable con la emotividad, puede utilizarse para despertar la racionalidad. A partir de su reconocida capacidad para crear conflictos emotivos, puede utilizase para generar conflictos cognitivos.

2. Entre el hemisferio derecho y el izquierdo. Vinculada directamente con el hemisferio derecho, la imagen permite la realización de transferencias hacia el izquierdo. De hecho, todo lo que se ha indicado sobre el uso didáctico de la fantasía tiene que ver de alguna manera con ello, ya que la fantasía supone en el fondo capacidad de generar y manipular imágenes mentales.

3. Entre la motivación y la cognición. Por su carácter de signo concreto, la imagen facilitará el aprendizaje de aquellos contenidos que tienen un fuerte componente visual. Y, por su carácter movilizador, será un recurso excelente para motivar a las personas de cara al aprendizaje de contenidos más abstractos. Las dos funciones están infrautilizadas en los procesos de aprendizaje. Tal vez sobre todo la segunda. Se ha hablado reiteradamente del carácter movilizador de las imágenes. «Los moralistas, cuando hablaban de que había que vigilar los pensamientos para evitar las tentaciones, se dieron cuenta, antes que los psicólogos, del poder motor de las imágenes.» (I. Gómez de Liaño, 1989, 110) Tal vez los educadores y hombres de cultura lo hayan descubierto, pero sin duda no lo aprovechan como podrían.

DESARROLLO

Algunas aplicaciones

Una vez sustentada teóricamente la utilización de la narración y la imagen como elementos fundamentales para desarrollar ambientes de aprendizaje**,** revisemos la aplicabilidad que algunos autores hacen de estas estrategias, demostrando aún más la gran posibilidad que nos ofrece ésta.

Según Linda Booth Sweeney existen algunos indicadores para determinar que una historia es dinámico – sistémica tales como:

- Si en la historia existe algo que está fuera de control.
- El “efecto yo-yo” es decir hay una situación que se ha presentado anteriormente y vuelve a presentarse.
- Hay consecuencias no esperadas, anti-intuitivas e imprevistas
- Hay algún tipo de problema crónico
- Hay una acción agresiva o reiterativa en la historia

Bajo estos criterios Linda Booth Sweeney ha encontrado que diversos autores norteamericanos de literatura infantil han realizado sus relatos o libros basados en conceptos dinámico sistémicos entre los cuales se destaca autores como Laura Numeroff, con su libro "if you give a mouse" (si le das una galletita a un ratón), Dr Seuss (Theodor Seuss Geisel) con sus libros "The sneetches and other stories", "The Butter Battle Book", "A River Rand Wild", "The Lorax",Mitsumasa Anno Philome con su libro "Anno´s Magic Seeds", Paula Underwood con su libro "¿ Who Speaks for Wolf ?" (¿Quién habla por lobo ?) que permiten que niños y docentes exploren los conceptos dinámico sistémicos de una forma sencilla.

Otros libros no referenciados por esta autora podrían ser aquellos que contienen tanto conceptos dinámico sistémicos como de naturaleza fractal o recursiva como Michael Ende y su libro "Historia Interminable", Samuel Beckett y su relato "Los Despobladores" y Harry Stepen Keeler

Inclusive existe otro concepto denominado "cuento cíclicos" en que lo recursivo o cíclico se da a través de varias obras del mismo autor pero que sería de análisis en otro tipo de trabajo.

El uso de la caricatura y del humor para transmisión de conceptos ha sido usado por la mercadotecnia y publicidad de donde proviene David Hutchens que ha utilizado esta herramienta en la transmisión de conceptos de aprendizaje organizacional y dinámico sistemicos como lo expone en su obra "Learning Fabbles Series", cinco libros ilustrados.

La transmisión por medio de caricatura con ilustraciones de alto impacto permite un grado de recordación mayor entre la audencia en cualquier nivel de la empresa. Además que el uso de animales y metáforas permite que los conceptos emitidos no causen un malestar en la organización que a veces pueden considerar que se està tratando de decirles sus fallas

Tanto las fábulas o cuentos para niños como la caricatura para el ámito empresarial guardan la misma semejanza tal vez porque, en el fondo, todos somos niños y disfrutamos con estas historias

Cuentos Infantiles

El cuento "if you give a mouse" (Si le das una galletita a un ratón) de Laura Numeroff

Este es uno de los cuentos que describe Linda Booth Sweeney como útiles para mostrar fenómenos circulares propios de lo dinámico Sistémico. El cuento narra cómo un ratón pide una galletita y esto desencadena otra serie de hechos tales como: solicitar un vaso de leche, pedir un sorbete y servilleta y luego algo para limpiarse los bigotes porque se han ensuciado, ocurriendo un sin número de eventos, (17 escenas), para al final llegar a la situación inicial. Esto podría describirse como un sencillo diagrama causal:

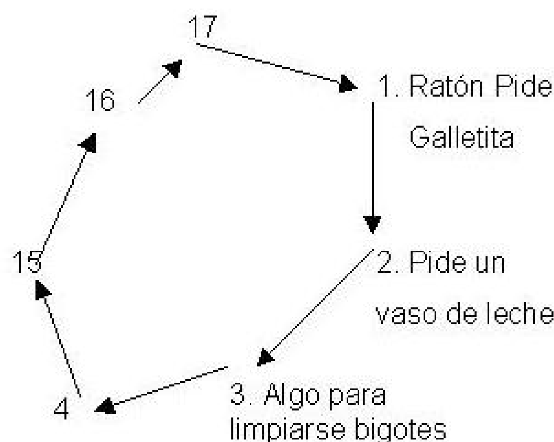


Figura 1. Diagrama Causal. Si le das una galletita a un ratón

El cuento "The Lorax" del Dr. Seuss (Theodor Seuss Geisel)

Este cuento describe el conocido modelo dinámico – sistémico del límite del crecimiento en donde se explica cómo la explotación indiscriminada de la naturaleza puede llegar a terminar con ésta y con todos los que dependen de ella. La historia incluye la lucha entre

un hombre de negocios “el once-ler” y “el lorax” un hombre defensor de las plantas y animales. En la historia el hombre de negocios no tiene una concepción del efecto a largo plazo de la explotación de los recursos naturales y los efectos nocivos que puede tener para todos e inclusive para él, a pesar de que el “lorax” un hombre que percibe los efectos al largo plazo de acciones del presente, trata de hacer todo lo posible para evitar la situación.

CARICATURAS

Algunos autores como David Hutchens están usando la caricatura y el humor para la enseñanza de conceptos de aprendizaje organizacional basado en ideas dinámico sistémicas. Como indica Hutchens el emplear fábulas, metáforas y humor permite que las personas:

a) No asuman posiciones defensivas
b) Usen los ejemplos en diversas contextos o situaciones empresariales
c) Permite enriquecer la discusión
d) Mas que nombrar cosas independientes . LA HISTORIA O RELATO PERMITE MOSTRAR LA INTERRELACIÒN EN DIVERSAS SITUACIONES Y SITUACIONES COMPLEJAS
e) Aprovecha las diversas formas de aprendizaje tales como visual, reflexivo, pragmático
f) Permite el relax y disfrute del proceso de aprendizaje

Otros autores como Philip Ramsey con su libro “Billibonk & the thorn match” están haciendo los mismos esfuerzos. El uso de caricatura e historias infantiles permite que los conceptos sean fácilmente entendibles y accesibles a un público mayor

CONCLUSIONES

Las historias para niños siempre han cautivado nuestra atención por su poder de comunicar conceptos muchas veces difíciles de entender. En esta reflexión destacamos cómo se puede, a través de historias dinámico sistémicas, enseñar los conceptos más importantes de la teoría de sistemas de una forma sencilla y agradable y que además pueda ser usado en el ámbito empresarial y escolar. Dos elementos son necesarios para la construcción de este tipo de historias: lo narrativo y lo visual, lo narrativo en una forma de historia infantil y divertida, y lo visual mediante el uso de gráficos con mucho color.

Cabe destacar que este artículo es producto de dos ponencias y un Poster enviados al Tercer Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas y de una tesis de Pregrado dirigidas por el Grupo de Investigación en Aprendizaje Organizacional,GIAO. De igual manera la temática en mención, seguirá siendo motivo de investigación por parte del grupo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade , Hugo Hernando. Pensamiento de Sistemas. Ediciones UIS.2001
- Aracil, Javier. Introducción a la dinámica de sistemas. Madrid, Ed. Alianza . 1997.

- Bertalanffy, Ludwing. Teoría General de Sistemas, Fondo de Cultura Económica, 2000
- Dr. Seuss, The Lorax, Random House Books for Young Readers, 1971
- Fernes, Juan. “Educar en una cultura del espectáculo” Paidos. Barcelona 2000
- Gomez de Liño, I..*” Itinerario del extásis o las imágenes de un saber universal”*. Biblioteca Azul. 1989
- Johansen. Introducción a la Teoría General de Sistemas. Edit. Limusa 1993.
- Numeroff ,Laura Joffe, If you give a mouse a cookie, HarperCollins Publisher, 2001
- Ricoeur Paul. Historia y Narratividad. Paidos. Barcelona.1990
- Senge, Peter. Escuelas que aprenden. Editorial Norma 2002.
- Senge, Peter. La Quinta Disciplina. Editorial Granica. Barcelona .1999
- Senge, Peter. La Quinta Disciplina en la Práctica. Edit. Granica. Barcelona .1997
- Verlee Williams Linda “Enseñanza para el conocimiento en los dos hemisferios” Simon & Shuster Books. 1986.
- www.davidhutchens.com
  Portal de Daviud Hutchens donde tiene descripción de su experiencia profesional y de su actividad como escritor
- www.clexchange.org

Portal de aplicación de la Dinámica de Sistemas a la escuela y colegio, en ella se encuentran artículos de Linda Linda Booth Sweeney

- **http://cte.seebc.gob.mx/cuentos/libroratongalleta.htm**

En este sitio se encuentra el cuento “Si le das una galletita a un ratòn” de Laura Numeroff

- http://serenity.magickgarden.com/greenhouse/stories/lorax.html

En este sitio se encuentra el cuento “The Lorax” del Dr. Seuss

Autores

**** SAMUEL PRIETO MEJÍA**, Magíster en Informática, Universidad Industrial de Santander, Ingeniero de Sistemas, Universidad Industrial de Santander (UIS), Docente Tiempo Completo Programa de Ingeniería de Sistemas Universidad del Magdalena Santa Marta, Director del grupo GIAO reconocido por COLCIENCIAS en el área de Aprendizaje Organizacional.*

**** ZUANY LUZ PABA ARGOTE,** Comunicadora Social Énfasis en Comunicación Organizacional, Pontificia Universidad Javeriana, Especialista en Edumática, Universidad Autónoma de Colombia, Docente Catedrática en el área de Competencias Comunicativas y Teoría General de Sistemas, de la Universidad del Magdalena, Integrante del grupo GIAO reconocido por COLCIENCIAS en el área de Aprendizaje Organizacional.*

II. Utilización de Literatura Popular para la Enseñanza de Conceptos Sistémicos con el Libro "El Cuadrante Del Flujo De Dinero"

Prieto, Samuel., Meriño, Inés.
prietosamuel@hotmail.com - imerinof@hotmail.com
Universidad Del Magdalena

ABSTRACT- This report shows how popular literature of similar in form to the prose language that is used for the dynamic systems, can be used to transmit systematic concepts and specifically for the teaching of the methodology called systems dynamics. It's important say that our principal purpose in this report is show how it can be used the popular literature to explain System Dynamics concepts and not the use the System Dynamics to support the Kiyosaki's book.

We was use of the Robert T. Kiyosaki's book "the Cashflow Quadrant", a book which became a Best-Seller due to a massive purchase made by a North American product distribution net for its affiliates and has been transformed into one of the most popular books in the diffusion of economics concepts.

Robert T. Kiyosaki has the ability of explaining economics concepts in a simple way, was being transformed into one of most read popular not only in North America, but also in the rest world of the world,. In his first Best Seller "Rich Father and Poor Father", he shows how the feedback cycles produced by the money, and interests can make the money work intensely for someone, producing more money or on the contrary, that someone works intensely in order to pay the capital and interests produced in an interminable cycle of payments..

Part of success of this book is the revealing of how the anti-intuitive thought operated en business, when we consider the long range, a characteristic which is present in System Dynamics.
In this report we show how the book have it based on some known models of systems dynamics, shows in an ingenious and pleasant way.

RESUMEN -Esta ponencia muestra como se puede utilizar literatura popular de forma análoga al lenguaje de prosa usado por la dinámica de sistemas, para transmitir conceptos sistémicos y específicamente para la enseñanza de la metodología denominada Dinámica de Sistemas.[1] *Es de destacar que nuestro propósito central en esta ponencia es mostrar como puede ser usada la literatura popular para explicar conceptos de la dinámica de sistemas y no el uso de la Dinámica de Sistemas para sustentar el libro de Kiyosaki.*

Haremos uso del libro "el cuadrante del flujo de dinero" de Robert T Kiyosaki, [5] libro que se convirtió en Best-Seller gracias a la compra masiva que realizo una red de distribución de productos norteamericanos para sus afiliados y que se ha convertido en uno de los libros mas populares en la difusión de conceptos económicos.

Robert T. Kiyosaki tiene la habilidad de explicar conceptos económicos de una forma sencilla convirtiéndose en uno de los autores populares mas leídos no solo en Norte América si no en el resto del mundo. Desde su primer Best Seller " Padre Rico Padre Pobre",[4] muestra como los ciclos de realimentación producidos por el dinero mas intereses, pueden hacer que el dinero trabaje intensamente para uno, produciendo mas dinero o por el contrario que uno trabaje intensamente para pagar el capital mas los intereses producidos en un ciclo interminable de pagos.
Parte del éxito de este libro es el develar como operan en los negocios el pensamiento anti-intuitivo, cuando consideramos el largo plazo, característica que esta presente en los procesos dinámico sistémicos.

En esta ponencia mostramos como el libro se fundamenta en algunos modelos conocidos de la dinámica de sistemas expuestos de una manera ingeniosa y agradable.

Índice de Términos— Aprendizaje Organizacional, Dinámica de Sistemas, Enseñanza de Sistemas, Literatura Popular

I. INTRODUCCIÓN

El libro "El cuadrante del Flujo de Dinero" [5] muestra las cuatro (4) formas cómo la personas pueden adquirir o generar dinero en el mundo capitalista y como dependiendo de la actitud que adoptemos1 para generar el dinero podemos estar en el lado izquierdo del cuadrante del flujo de dinero que esta representado por las dificultades económicas en el largo plazo o del lado derecho del cuadrante de flujo de dinero que esta representado por riesgo en el corto plazo pero seguridad o libertad financiera en el largo plazo.
Las cuatro formas para generar dinero expuestos en "El cuadrante del flujo de dinero" son las siguientes: El Empleado (E), El Autoempleado (A), El Dueño de Empresa (D) y El Inversionista (I).
El Empleado y el Autoempleado buscan la seguridad financiera, a corto plazo, mientras que el Dueño de Empresa y el Inversionista buscan su libertad Financiera en el largo plazo.
De manera gráfica podemos representar las actividades generadoras de dinero en el mundo capitalista, de la siguiente manera:

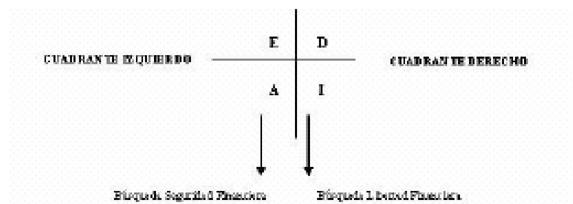


Fig. 1: Actividades generadas por el mundo capitalista.

Kiyosaki sostiene que cuando alguien está ubicado en alguno o algunos de los cuadrantes este se asocia a su personalidad y observamos algunas características como las que se describen a continuación:

1) Empleado:

"Quiere satisfacer su temor con algún grado de seguridad, por lo que busca la estabilidad y acuerdos firmes y concretos cuando llega el momento de emplearse". Son personas que resuelven sus problemas financieros endeudándose ya sea realizando préstamos a otras personas o a entidades bancarias, haciendo uso desmedido de sus tarjetas de crédito, si las poseen, dejándose llevar por ofertas que llaman su atención. Siempre buscan la excusa de no ganar el suficiente dinero y piensan que más dinero resolverá sus problemas. Buscar la satisfacción de sus necesidades de manera inmediata o en el corto plazo.

2) Autoempleado:

"A ellos nos les gusta que el dinero que ganen sea estipulado por alguien más o por un grupo de personas que podrían no trabajar tan intensamente como ellos". Por lo general un autoempleado dedica gran parte de su tiempo al trabajo para poder tener éxito financiero.

De manera análoga con el empleado busca la satisfacción de sus necesidades de manera inmediata o en el corto plazo, con la diferencia que él resuelve sus problemas inmediatos de dinero aumentando el tiempo laborado.
3) Dueño de Empresa:

Por lo general se asocia con personas inteligentes que provienen de los cuatro (4) cuadrantes, es un líder que le gusta asignar tareas. El lema de las personas ubicadas en este cuadrante es “por qué hacerlo tú mismo cuando puedes contratar a alguien que lo haga por ti, y que puede hacerlo mejor”.
Por lo general un dueño de empresa no dedica gran parte de su tiempo para generar dinero, sino que tiene un grupo de personas que generan el dinero por él. Su intención es tener seguridad

4) El inversionista:
Ellos no tienen que trabajar porque su dinero está trabajando por ellos. De manera análoga al Dueño de Empresa su intención es tener seguridad financiera en el largo plazo tomando riesgos económicos en el corto plazo, pero con la diferencia que no tiene empleados.
Cada cuadrante esta asociado con un método, lo cual implica el éxito o fracaso financiero que una personas ubicada en alguno de ellos pueda tener dependiendo de la actitud, aptitud y dinamismo que tenga para afrontar el mundo propio del cuadrante donde está ubicado. “Todos somos diferentes y un cuadrante no es más importante o mejor que otro”. La principal diferencia entre el cuadrante izquierdo y el cuadrante derecho es la posibilidad de las personas que se ubican al lado derecho de obtener beneficios tributarios y excepción de impuestos que en el lado izquierdo nunca tendrán.
Para evidenciar que el libro de Kiyosaki utiliza un lenguaje dinámico-sistémico hemos utilizado algunos de los modelos más conocidos de dinámica de sistemas (Arquetipos2)[6] que sustentan la mayoría de conceptos expuestos en el libro “El Cuadrante del Flujo de dinero” [5].
Los modelos que usaremos serán desarrollados en el software denominado EVOLUCION, creado por el grupo de investigaciones SIMON de la Universidad Industrial de Santander (UIS)[3]

II. EVIDENCIAS DE QUE LOS CONCEPTOS QUE FUNDAMENTAL EL LIBRO (BESTSELLER) “EL CUADRANTE DEL FLUJO DE DINERO” ESTÀ BASADO EN LA DINÁMICA DE SISTEMAS

Destacamos en esta ponencia que los conceptos emitidos por Robert T. Kiyosaki en su bestseller "El Cuadrante del Flujo de Dinero” tienen un fundamento dinámico sistémico y que los modelos que lo sustentan están presente en la literatura de dinámica de sistemas [1].
A continuación haremos un recorrido por los cuatro cuadrantes del flujo de dinero que kiyosaki expone en su libro y mostraremos que los conceptos emitidos se basan en ideas dinámica-sistémicas, usaremos para ello modelos en dinámica de sistemas.

A. El Empleado

En su libro Kiyosaki muestra como los ingresos de un empleado dependen totalmente de su sueldo, los egresos que inicialmente son menores a los ingresos o sea a su sueldo disminuyen al adquirir un préstamo por ejemplo para la compra de una vivienda.

Como mostramos en la Figura 1 y Gráfica 1, al adquirir un préstamo para un gasto presente, tal como una vivienda, debemos pactar una cuota de pago mensual, un término, usualmente en meses para amortizarlo y unos intereses. El pago de intereses va hacer que nuestros egresos mensuales aumenten un poco, usualmente no prestamos atención a esto porque el aumento es relativamente pequeño, por tanto mantenemos nuestros gastos fijos mensuales (estándar de vida igual) haciendo que los egresos lleguen a ser un poco mayor que los ingresos y teniendo que recurrir a un nuevo préstamo con intereses para cubrir el faltante de dinero. La situación termina convirtiéndose en un ciclo realimentado haciendo que la deuda crezca indefinidamente, como se muestra en la Fig. 2 donde el diagrama de forrester indica dicha situación y la Fig. 3 nos representa la simulación del diagrama.

Fig.2. Diagrama de Forrester Empleado endeudado

Fig. 3:. Empleado Endeudado

Es de notar que el nivel de endeudamiento disminuye un poco cuando estamos terminando el préstamo pactado inicialmente pero luego crece indefinidamente a causa de los prestamos mensuales mas intereses que hemos tenido que realizar para cubrir las cuotas mensuales.

Este es el principio con el cual muchas corporaciones, bancos y sobre todo tarjetas de crédito ganan su dinero, haciéndonos creer que por ejemplo la compra de una casa es una buena inversión y puede convertirse como lo hemos visto en una deuda interminable.

B. El Autoempleado

En su libro Kiyosaki muestra como en un Autoempleado sus ingresos dependen de su trabajo y por tanto situaciones de compras adicionales son resueltas con un incremento en

la actividad laboral, evitando el endeudamiento que puede presentarse en el caso del empleado.

El principal inconveniente del autoempleado es que la actividad productiva es realizada por él, haciendo imprescindible su permanencia en el trabajo. En la Fig. 4. Mostramos el diagrama de forrester para un autoempleado que deja de asistir al trabajo por diez (10) días mensualmente, y en la gráfica 2 representamos el dinero dejado de ganar y la perdida acumulada por la inasistencia a realizar su trabajo.

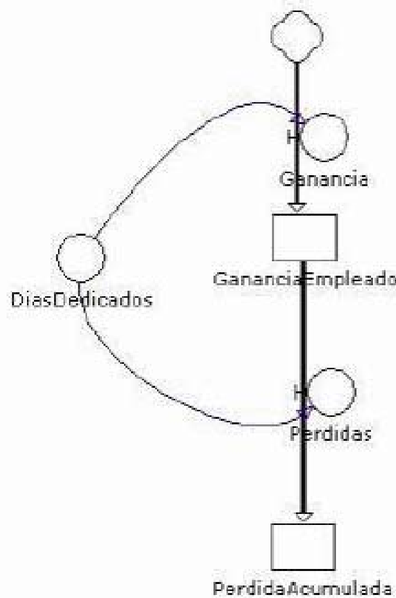


Fig.4: Diagrama de Forrester de autoempleado dejando de laborar 10 días

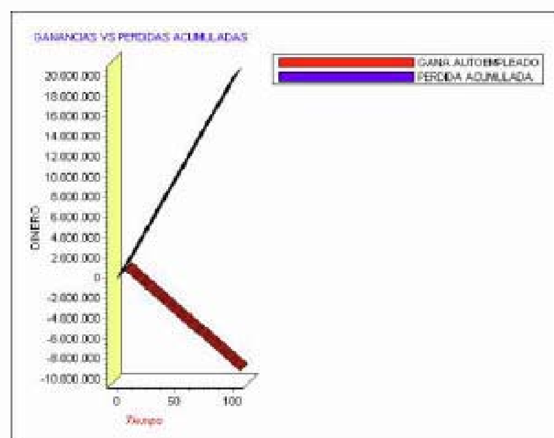


Fig. 5: Ganancia del AutoEmpleado y Perdida Acumulada

Otro inconveniente que se le presenta al autoempleado es el deterioro de su calidad de vida

Debido a que cuanto mas tiempo dedica a su trabajo menos tiempo podrá dedicar a su familia. Como lo mostramos en la Fig. 6 y 7.

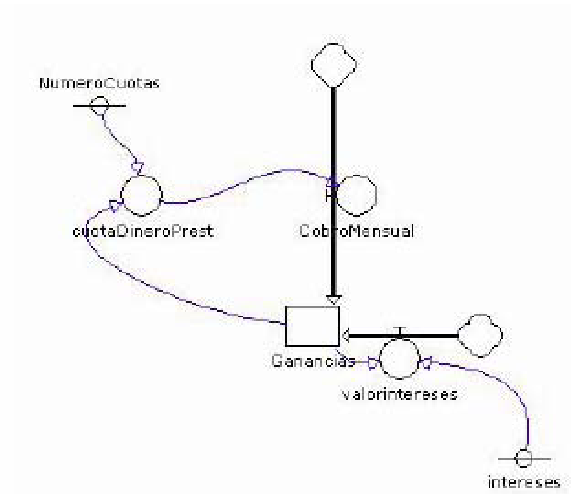


Fig. 6: Diagrama de forrester que muestra la relación tiempo dedicado al hogar versus tiempo dedicado al trabajo

En la Fig. 6. Podemos ver que el lado izquierdo del diagrama de forrester es similar al lado derecho de este. Es decir si uno dedica mayor tiempo al trabajo, obtendrá un mayor éxito en este, lo que induce desear pasar un mayor tiempo en el trabajo y esto necesariamente conduce a tal situación. Note que esta situación es similar a la que sucede si uno pasa un mayor tiempo en el hogar que repercutirá en un éxito familiar y por tanto un deseo de pasar un mayor tiempo en él.

Desafortunadamente como los dos ciclo, el del trabajo y el del hogar, no son independientes, casi siempre el ciclo de trabajo empieza a tener un mayor peso que el ciclo de hogar, llevando como lo expone kiyosaki en su libro a que el autoempleado aunque no tiene una situación de deuda como el empleado, si tendrá serias dificultades en el hogar.

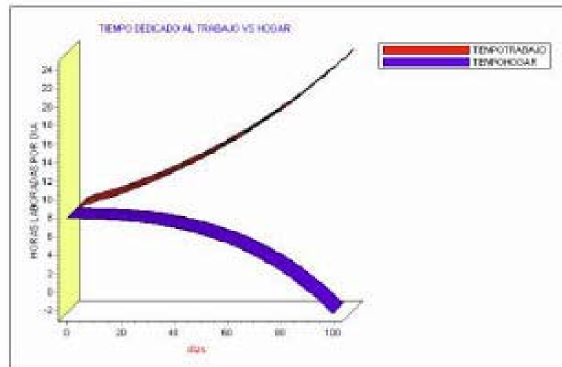


Fig. 7: Muestra el incremento en el tiempo dedicado al trabajo y el decremento del tiempo dedicado al hogar.

En este cuadrante aunque se tiene un poco de libertad financiera esta es realizada a expensas de un deterioro de su vida familiar e inclusive de su salud como se observa fácilmente en la gráfica de la figura 7, y además podría entrar en serias dificultades económicas al ausentarse de su trabajo por alguna de estas razones.

C. El Lado Derecho del Cuadrante: El Dueño de Empresa (D) y El Inversionista (I)

En su libro Kiyosaki muestra como en el Lado Derecho del Cuadrante la persona resuelve sus compras adicionales haciendo que se incremente el trabajo de personas que laboran para él o en el caso del inversionista haciendo que el interés cobrado por el préstamo de su dinero sea aumentado. La situación del inversionista es contraria a la situación del empleado y la del empresario es contraria a la del autoempleado.
Usando el lenguaje de dinámica de sistemas mostramos el Diagrama de Forrester en la Fig. 8, donde el incremento en horas laboradas en la empresa permite el aumento de capital del dueño de ella debido a que el no hace parte de las actividades que se realizan en la empresa, disponiendo adicionalmente de tiempo libre.

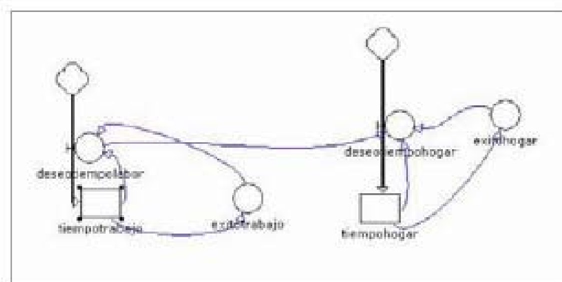


Fig. 8. Diagrama de Forrester con incremento de tiempo libre gracias al trabajo de otros.

En el diagrama de forrester del empresario es de destacar que el capital ganado por el empresario, se representa como días que el podría vivir sin trabajar manteniendo el mismo

nivel de vida, algo en lo que kiyosaki hace énfasis para considerar a alguien rico. Kiyosaki define la riqueza, no como el capital que se gana o se tiene, por el contrario es la posibilidad de tener un nivel de vida determinado sin tener que trabajar.
Si el dueño de empresa requiere incrementar su capital no lo hará a expensas de su salud o de su hogar, porque podrá contratar más personal, debido a que el no esta involucrado como trabajador en la empresa.

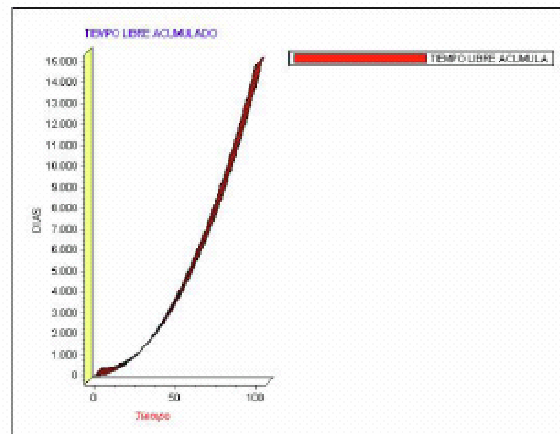


Fig. 9: Muestra el incremento de tiempo libre para el dueño de empresa.

Como puede verse en la gráfica el incremento en tiempo libre del dueño de empresa se puede volver exponencial gracias al capital producido por su sistema empresarial.
En las Fig. 10 y 11 representan al inversionista que recibe intereses de su capital y que es la situación totalmente contraria a la del empleado endeudado, esta situación en términos económicos es la ideal. Cuando se es inversionista, el dinero es el que produce un dinero cada vez mayor al aprovechar el ciclo realimentado producido por los intereses.

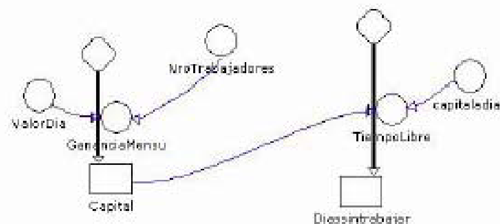


Fig. 10. Diagrama de Forrester de un inversionista

En la Fig. 10, La situación es similar a la del empleado, pero en esta el cobro mensual reemplaza el pago mensual del diagrama del empleado, y los intereses del préstamo que lo conducían a un empobrecimiento, aquí por el contrario le permiten en el largo plazo, lograr su libertad financiera.

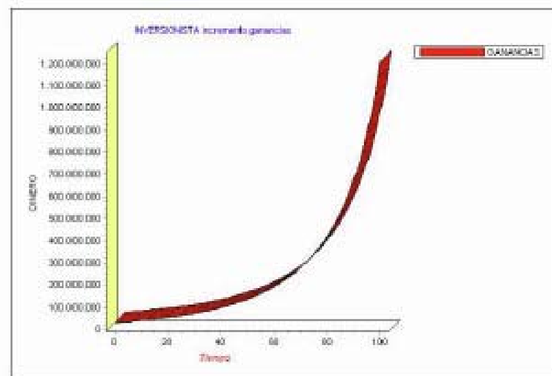


Fig. 11: Muestra el incremento de ganancias de un inversionista

La situación ideal en el mundo capitalista donde el dinero hace crecer el dinero exponencialmente gracias a las inversiones realizadas. En su libro Kiyosaki destaca que para ser un buen inversionista es necesario o recomendable haber sido un empresario.

III. CONCLUSIONES

Con este trabajo hemos querido verificar que los conceptos emitidos por Robert Kiyosaki en el bestseller "El cuadrante del Flujo de Dinero" son ideas dinámico sistémicas aunque el autor no lo exponga de una manera explicita (Utiliza lenguajes de prosa).

Usamos los diagramas de forrester y la simulación para sustentar los conceptos emitidos por Kiyosaki.

Es importante destacar que el bestseller de Kiyosaki está destinado a un público general y que por tanto la forma en que describe sus ideas puede ser utilizadas por la comunidad científica del área de dinámica de sistemas cuando requieran difundir sus conceptos a un público no científico o cuando se desee usar este material como inducción a las ideas dinámico-sistémicas.

Las ideas de sistemas han sido usadas para explicar fenómenos de economía, ecología, y de biología entre otros en un ámbito totalmente académico. Robert Kiyosaki en su bestseller sin utilizar expresamente el vocabulario de sistemas, enseña conceptos económicos basados en las ideas dinámicas sistémicas contribuyendo a la difusión de ellas, seria interesante para la comunidad de dinámica de sistemas realizar trabajos en este sentido.

REFERENCIAS

[1] J. Aracil, "Máquinas, Sistemas y Modelos". Editorial Tecnos. Madrid. 1986
[2] J. Aracil, "Introducción a la dinámica de sistemas", Ed. Alianza . 1997
[3] C. Ardila y P. Duran. Evolución 2.0: Herramienta software para el modelamiento y simulación con Dinámica de Sistemas. Tesis de Grado en Ingeniería de Sistemas
[4] R. Kiyosaki, "Padre Rico Padre Pobre". Editorial: Time & Money Network. 2001
[5] R. Kiyosaki, "El Cuadrante del Flujo de Dinero". Editorial: Time & Money . 2001
[6] P. Senge, "La Quinta Disciplina". Editorial Granica. 1990

Autores

SAMUEL PRIETO MEJÍA, Magíster en Informática, Universidad Industrial de Santander, Ingeniero de Sistemas, Universidad Industrial de Santander (UIS), Docente Tiempo

Completo Programa de Ingeniería de Sistemas Universidad del Magdalena Santa Marta, Director del grupo GIAO reconocido por COLCIENCIAS en el área de Aprendizaje Organizacional.
INES DEL CARMEN MERIÑO FUENTES, Ingeniera de Sistemas, Universidad del Magdalena, Directora del Programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad del Magdalena, Integrante del grupo GIAO reconocido por COLCIENCIAS en el área de Aprendizaje Organizacional.

III. EL PENSAMIENTO DINÁMICO SISTÉMICO Y SU UTILIDAD PARA LA EXPLICACIÓN DE PROPUESTAS DE DESARROLLO ALTERNATIVO

SAMUEL PRIETO MEJÍA
Universidad del Magdalena, Ingeniero de Sistemas, Docente tiempo Completo.
prietosamuel@hotmail.com

RESUMEN:

Una propuesta nueva de desarrollo alternativo a través de casos de éxito empresarial ha sido expuesto por prahalad en su libro "la oportunidad de negocios en la base de la pirámide" [1], el autor utiliza a través del texto ideas dinámico sistémicas que es importante resaltar y que seria útil para aquellos interesados en la difusión de las ideas de sistemas en el campo de la innovación y creación de empresas. La idea fundamental que expone prahalad es la creación de empresas que tengan como objetivo empresarial la solución de necesidades de mas de 4.000 millones de pobres del mundo y que el denomina la base de la pirámide. Fundamentalmente es de destacar tres elementos del pensamiento dinámico-sistémico y que son utilizados en la propuesta de prahalad. El primer elemento de ellos es la concepción de sistemas empresariales concebidos para el tercer mundo. El segundo elemento es la generación de mercados masivos por la percepción de bajo valor para el cliente y que se conceptualiza con la realimentación de mercados debido a los bajos costos de tecnología. El tercer elemento es la ubicación de sistemas empresariales en sistemas mayores que permiten que los sistemas empresariales subsistan y que prahalad denomina "ecosistemas de mercado".

PALABRAS CLAVE: Desarrollo Económico alternativo, Pensamiento Dinámico Sistémico, Innovación y Creatividad, Empresarismo, Sinergia.

ABSTRACT:

A new proposal of alternative development through cases of business success has been exposed for prahalad in his book "the opportunity of business in the base of the pyramid" [1], the author utilizes through the text system dynamic, ideas that is important to stand out and that serious useful for those interested in the diffusion of the ideas of systems in the field of the innovation and creation. The fundamental idea that exposes prahalad is the creation of businesses that have as an business objective the solution of needs of but of 4.000 million poor of the world and that the calls the base of the pyramid. Fundamentally it is to emphasize three elements of the thought system dynamic and that are utilized in the proposal of prahalad. The first element of them is the conception of business systems conceived for the third world. The second element is the generation of massive markets by the perception of low value for the client and that is conceptualized with the refreshing of markets due to the low costs of technology. The third element is the location of business systems in greater systems that permit that the business systems subsist and that prahalad calls "ecosystems of market".

KEYWORDS: Alternative Economic development , system dynamic thinking, innovation and creativity, entrepreneur, Synergy

1. INTRODUCCIÓN

Una recopilación de casos de éxito empresarial en países del tercer mundo ha realizado prahalad en su libro "la oportunidad de negocios en la base de la pirámide" [1], destaca este autor de la necesidad de integrar sinergicamente diferentes instituciones del ámbito privado y empresarial de tal forma que formen un "ecosistema de mercado" que desencadenen el desarrollo económico. El autor plantea la necesidad de un capitalismo inclusivo en el que las organizaciones privadas contribuyan al desarrollo económico de mas de 4.000 millones de pobres que el denomina la base de la pirámide y a la vez que estas organizaciones generan utilidades. Se contextualizan los conceptos expuestos por prahalad acerca de desarrollo económico, en el campo del pensamiento dinámico sistémico, que será útil para aquellos interesados en la difusión de las ideas de sistemas en el campo de la innovación y creación de empresas. La contextualización que se realiza es con tres principales ideas dinámico-sistémico comparadas con los conceptos expuestos por prahalad en su libro. El primer elemento del pensamiento dinámico-sistémico es el concepto de sistemas y su relación con los sistemas empresariales, el segundo elemento es la relación del concepto feedback (o realimentación) comparada con la realimentación que se presenta en los sistemas empresariales debido a la reducción drástica de la tecnología y específicamente de las telecomunicaciones. Y por ultimo elemento la ubicación de estos sistemas empresariales en sistemas mayores que permiten su permanencia y que prahalad denomina ecosistemas de mercado.

2.CONCEPTOS PRINCIPALES DEL PENSAMIENTO DINAMICO-SISTEMICO

El pensamiento dinámico-sistémico, es una expresión del pensar en sistemas derivados de los trabajos de Forrester en el campo de la dinámica de sistemas[2], y que tiene algunos elementos o conceptos fundamentales que le explican entre ellos, el concepto de sistemas, realimentación o feedback y algunos derivados del trabajo en el campo empresarial como los planteados por Senge [3], Se expresara estos en términos de los casos de éxito expuestos por prahalad para el desarrollo económico alternativo para los países del tercer mundo.

2.1 El CONCEPTO DE SISTEMAS Y SU RELACION CON LOS SISTEMAS EMPRESARIALES

El concepto de sistemas desde los inicios de la dinámica de sistemas ha tenido una relación directa con los sistemas empresariales, de hecho fue uno de los motivadores de la creación de la metodología. Una definición básica de sistemas es propuesta por D. Kim[4] como "Un conjunto de partes interrelacionadas o interdependientes que forman un todo unificado y complejo que tienen un propósito especifico ", y cuyas características son : a) Tienen un propósito, b) Todas las partes del sistema deben estar presentes para un desempeño optimo del sistema, c) El orden de las partes afecta el comportamiento del sistema y d) Los sistemas intentan mantener su estabilidad a través del feedback o realimentación.

El hombre ha tratado de crear sistemas empresariales por diversas razones o propósitos pero aquellas que desencadenan éxito empresarial es aquellas que cumplen o

identifican como lo expresa Chan Kim [5] una nueva “curva de valor” es decir suplir una necesidad potencial a una percepción de bajo costo con respecto a la necesidad satisfecha, es por esto que, los mayores éxitos empresariales casi siempre tienen que ver con mercados masivos y el aprovechamiento del factor de escala de las organizaciones que hace que los valores de los productos sea bajo.

Un éxito empresarial bastante conocido es McDonald’s la empresa Norte Americana de venta de hamburguesas creada por Ray Krock como lo documenta J.F LOVE [6] la cual al lograr crear inicial y rápidamente un número de 1.000 franquicias permitió a causa de sus factores de escala disminuir los precios de sus insumos, bajar los costos de venta y aumentar la calidad sin precedentes.

Lo que es novedoso en la idea empresarial de prahalad que lo diferencia de la tradicional empresa es que nunca se había pensado que el propósito de una compañía pudiera ser superar la pobreza o los problemas asociados a ellos con productos de alta calidad, a un bajo costo y que a la vez produzca utilidades para la compañía

El propósito empresarial es el principal y fundamental factor para el desempeño de la misma y algunos autores como Hock [7] han llegado a plantear que un propósito basado en principios que sean compatibles con la biología y la naturaleza humana permitirá que estas compañías sobrevivan. La necesidad de encontrar mercados nuevos para las organizaciones, hace necesario innovar en los propósitos de las mismas si queremos concebir a estas organizaciones como sistemas empresariales.

Algunos de los casos empresariales de éxito expuestos por prahalad se basan en las ideas empresariales de firmas como McDonald’s pero enfocado en las necesidades de desarrollo del tercer mundo. Un buen ejemplo de una firma que imita el comportamiento en calidad de McDonald’s pero enfocado en la solución de un problema del tercer mundo como son las cataratas oculares que padecen muchas personas en la India, es el sistema de medicina ocular Aravind que realiza mas de 200.000 operaciones de cataratas avanzada al año. El factor de escala de la compañía hace posible operaciones de calidad idéntica a la de un país desarrollado pero a un bajo costo, llegando inclusive a necesitar que solamente el 40 % de sus clientes hagan sus pagos y realizar operaciones gratuitas al 60 % restante y a pesar de esto seguir siendo un negocio rentable.

La diferencia de McDonald’s y Aravind esta en los mercados que operan. La firma Norte Americana McDonald’s opera en mercados desarrollados donde los precios pueden ser de valores altos, debido a que es compensado por: la calidad, los valores añadidos de sus locales y la capacidad de compra de sus clientes. Cuando opera en países fuera de Estados Unidos, solo lo hace en lugares que reproduzcan las condiciones Norte Americanas de sus clientes. En su lugar Aravind funciona en el tercer mundo donde la capacidad de pago de sus clientes es baja y por tanto tiene que compensarlo con una concentración de especialistas que aprovechan el factor de escala para disminuir el costo por cliente, y personal no tan calificado y de bajo valor que realizan labores de preparación para las operaciones de cataratas y los cuidados posteriores lo que hace que los precios de los especialistas sea mucho menor.

Históricamente la generación de empresa fue enfocada hacia la satisfacción de las necesidades de los países desarrollados y nunca se concibió que pudiera contribuir a la solución de necesidades de los países en desarrollo, con sus particulares condiciones todas ellas relacionadas con la pobreza. Una limitación fundamental para concebir la solución de necesidades del tercer mundo con aplicaciones empresariales era de tipo mental. El modelo mental prevaleciente y la visión de futuro de las organizaciones empresariales impedían explorar la posibilidad del alivio de la pobreza con la intervención de grandes corporaciones privadas. La observación de la realidad con múltiples niveles de perspectiva ha sido expuesta por Senge [3] y se puede representar gráficamente como en la figura 1.



Figura 1. La observación de la realidad con múltiples perspectivas

En la tabla 1 se muestra algunas suposiciones de los dos modelos mentales: el tradicional, en que la empresa se enfoca en los clientes con capacidad de compra y uno nuevo basado en el concepto de que se puede hacer negocios con los pobres.

	MODELO MENTAL TRADICIONAL	MODELO MENTAL PARA HACER NEGOCIOS CON LOS POBRES
1	Los pobres no son clientes objetivos, no pueden comprar nuestros productos o servicios	Hay dinero en la base de la piramide (pobres)
2	Los pobres no pueden hacer uso de los productos que se venden en los paises desarrollados	Es posible acceder a los mercados de la base de la piramide
3	Solo los países desarrollados aprecian y pagan las innovaciones tecnológicas	Los mercados de la base de la piramide tienen conciencia de marca
4	El mercado de la base de la piramide no es esencial para el crecimiento y la vitalidad a largo plazo de las corporaciones multinacionales	El mercado de la base de la piramide esta interconectado mediante nuevas innovaciones en tecnologías inalambricas
5	Es muy difícil reclutar gerentes para los mercados de la base de la piramide	Los consumidores de la base de la piramide aceptan fácilmente la tecnología avanzada

Tabla 1. Comparación de modelos mentales empresariales

En su libro prahalad muestra ejemplos empresariales exitosos, en el cuál los propósitos de estas organizaciones son la superación de la pobreza en diversos ámbitos como la construcción de viviendas, adquisición de electrodomésticos, productos de aseo, comunicaciones etc. Estas organizaciones tienen que adoptar nuevas formas de organización y administración para poder responder al ambiente donde operan como es en países tercer mundistas, donde la principal dificultad es la poca capacidad de consumo individual de las personas de estos lugares, pero además tiene otros inconvenientes asociados, como precarias condiciones higiénicas, recursos básicos de agua, luz y alcantarillados que deberán ser contempladas para un esquema nuevo de negocios.

2.2 EL FEEDBACK , LA TECNOLOGIA Y LAS COMUNICACIONES

Una causa del éxito empresarial basado en la contribución al desarrollo, es la reducción dramática del costo de la tecnología y especialmente de las telecomunicaciones, lo que permite una realimentación del sistema económico, que permite un crecimiento inicial mucho más rápido que el que sucede en otro tipo de negocios. A manera de ejemplo citemos el caso de las micro finanzas en el sector rural. Para Instalar una sede de un Banco en Colombia en el área rural puede costar alrededor de 300 millones de pesos al 2007 con un mantenimiento mensual de $ 20 millones de pesos. Estos costos no hacia rentable para un banco instalar sedes bancarias en el área rural. Debido al avance en las telecomunicaciones instalar un acceso de comunicaciones permanente y de calidad en un área rural, que puede ser atendido en algún local del pueblo como por ejemplo una droguería, que reemplaza a la tradicional oficina bancaria le puede representar al banco $ 15 millones de pesos con un mantenimiento mensual de $ 1 millón de pesos. Estos bajos costos con respecto a la forma tradicional de la banca hace posible que una entidad bancaria haga la instalación de varias sedes, que permiten que muchas personas del área rural se incorporen al sistema bancario y hagan rentable este tipo de negocio, lo que a su vez realimenta al sistema y permite la expansión del mismo. Esta situación de crecimiento o desarrollo de mercado con los requisitos necesarios para propiciarlo como es expuesto por prahalad lo representamos en la figura 2. En la mayoría de casos empresariales citados por prahalad, la tecnología o comunicaciones, permiten que se puedan crear sistemas empresariales que logran rápidamente mercados masivos, que hacen que el valor para el servicio decaiga drásticamente lo que impulsa a la creación de un mercado mayor.

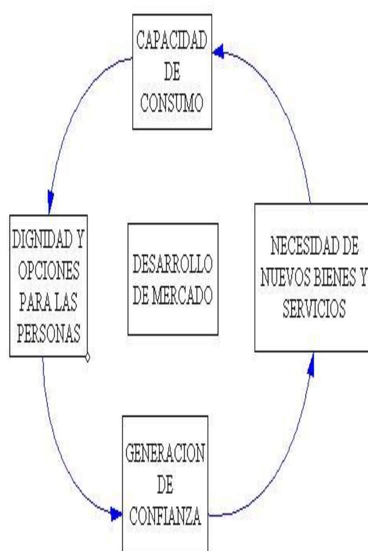


Figura 2. Crecimiento sistema empresarial

Las curvas de crecimiento gracias a la realimentación que se presenta en estos mercados puede hacer que una tradicional curva S de crecimiento sea reemplazado por una curva I, en mercados de la base de la pirámide, es decir un crecimiento rápido y acelerado de los servicios que se presentan al capturar un mercado y hacer que los

precios decaigan bruscamente, lo que a su vez impulsa el crecimiento de potenciales clientes. La curvas S e I las podemos observar en la figura 3.

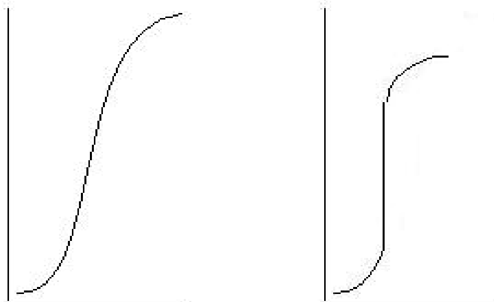


Figura 3. Curva S y Curva I

2.3 ECOSISTEMAS DE MERCADO

El concepto de "ecosistema de mercado" es usado por prahalad para explicar la necesidad de cambiar de un enfoque reduccionista del desarrollo a un enfoque sistémico donde la interrelación entre ONG´s, Microempresas, Pequeñas y medianas empresas, Multinacionales, y cooperativas, permita que estas trabajen de manera interdependiente para crear riqueza, a pesar de que en un momento determinado hayan distorsiones en el ecosistema, una vez creado se adapta y evoluciona para lograr un equilibrio dinámico. Este ecosistema puede verse representado en la figura 4.

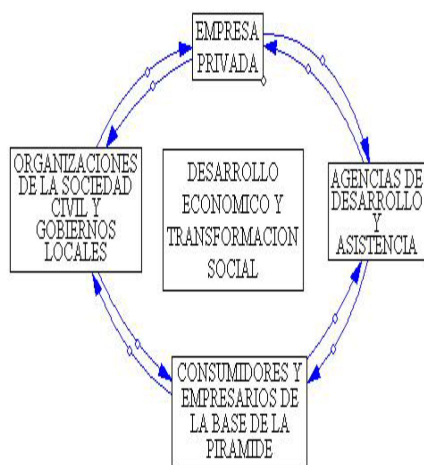


Figura 4. Ecosistema de Mercado

Donde puede observarse como puede los sistemas empresariales operan en sistemas mayores (supra- sistemas) como lo denomina prahalad "Ecosistema de mercado" que

permiten que estos sistemas empresariales se generen, desarrollen y permanezcan como generadores de riqueza. Estos ecosistemas de mercado están conformado por organizaciones de la sociedad civil, gobiernos locales, agencias de desarrollo y asistencia que complementan a la empresa privada y los consumidores y empresarios de la base de la pirámide.

3. CONCLUSIONES

El pensamiento dinámico-sistémico deriva de una metodología que surgen por entender situaciones empresariales como es la dinámica de sistemas y que puede ser utilizado como un lenguaje para la explicación de la innovación empresarial como la propuesta por prahalad en su libro "la oportunidad de negocios en la base de la pirámide". Se ha hecho una contextualización de tres ideas fundamentales del pensamiento dinámico-sistémico como son la definición de sistemas, el concepto de realimentación y supra- sistemas con lo expuesto por prahalad.

4. REFERENCIAS

[1] PRAHALAD, C.K, La oportunidad de negocios en la base de la pirámide. Bogotá, Grupo Editorial Norma, 2005.

[2] FORRESTER, Jay. Industrial Dynamics. Pegasus communications.1997

[3] SENGE, Peter, La quinta disciplina. México D.F, Ediciones Granica, 1999.

[4] KIM, Daniel H, Introduction to systems thinking., Pegasus communications.1998

[5] KIM, Chan , La estrategia del océano azul. Bogotá, Grupo Editorial Norma, 2005.

[6] LOVE, John F, McDonald's. New York, Grupo Editorial Norma, 1987.

[7]HOCK , Dee, Birth of the chaordic Age. San Francisco, Berrett-koehler, 1999.

[8]STERMAN,John,Business Dynamics, McGraw-Hill, 2000

5. AUTOR

SAMUEL PRIETO MEJÍA, Magíster en Informática, Universidad Industrial de Santander, Ingeniero de Sistemas, Universidad Industrial de Santander (UIS), Docente Tiempo Completo Programa de Ingeniería de Sistemas Universidad del Magdalena Santa Marta, Director del grupo GIAO clasificado B por COLCIENCIAS en el área de Aprendizaje Organizacional.

IV. JUEGO DE SIMULACIÓN: NEGOCIOS PARA CONDICIONES DE VIDA SOSTENIBLE

Samuel Prieto Mejía (Mg), Jeisson Javier Iglesias Jiménez, Luis Carlos Escandón Vega, Jennifer Linzay Carreño de Aguas

Universidad del Magdalena, Grupo de Investigación en Aprendizaje Organizacional (GIAO).
prietosamuel@hotmail.com

RESUMEN:

Actualmente la saturación de empresas en los mercados tradicionales ha desencadenado una fuerte competencia entre ellas por el posicionamiento en dichos mercados, esto ha generado que se creen nuevas y mejores maneras de hacer negocios, dejando a un lado la manera tradicional de hacer negocios; es decir, negocios en donde los mercados poseen una gran capacidad de compra. A nivel global muchas de las empresas multinacionales han comenzando trabajar con el porcentaje de la población mundial en donde antes no se había llegado; las comunidades más pobres. Estas comunidades, en muchos casos, carecen de acceso a servicios apropiados de energía, agua, salud, y sobretodo oportunidades para mejorar sus perspectivas económicas y sociales. Debido a las condiciones económicas y sociales en que estas comunidades se encuentran estas empresas han comenzado a ver rentablemente a este tercio de la población mundial.

El sector empresarial ha empezado a implementar lo que se denomina **"hacer negocios con los pobres"**. El concepto de hacer negocios con los pobres y la apertura de mercados demanda un esfuerzo adicional y un cambio en la manera en que hacemos negocios y en la manera en que pensamos hacer negocios. El éxito requiere que las empresas piensen más allá de la sabiduría tradicional. Se trata, entonces, estrictamente de negocios, nuevos negocios y nuevos mercados, negocios que benefician a los pobres y que benefician a las empresas[1].

El **Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible** ***(World Business Council for sustainable Development, WBCSD)*** es un grupo de empresas multinacionales que están basando parte de sus actividades en la idea de hacer negocios con los pobres enmarcando sus estrategias en el proyecto llamado **negocios para condiciones de vida sostenible**[2].

La idea central de los negocios para condiciones de vida sostenible es precisamente la de hacer negocios con los pobres de manera que beneficien a los pobres y beneficien a las empresas; es decir, que los negocios buscan generar desarrollo económico y a la vez ayudar a las comunidades y familias pobres a construir condiciones de vida más seguras.

Consecuentes con lo anteriormente expuesto el **Grupo de Investigación en Aprendizaje Organizacional (GIAO)** de la Universidad del Magdalena ha concebido un proyecto de investigación para crear herramientas que sirvan como soporte académico en la difusión de esta nueva manera de hacer negocios. ***El objeto final de este proyecto es la construcción de un Juego de Simulación o micromundo orientado al aprendizaje que recree el modelo de negocios para condiciones de***

vida sostenible (negocios con los pobres en donde existe beneficio organización-comunidad). Para esto se modelará el programa del grupo empresarial SUEZ *"Agua para todos"* implementado por su subsidiaria en Brasil Agua do Amazonas(AdA). *Esta empresa perteneciente a la WBCSD se dedica a satisfacer las necesidades de servicios básicos de agua, y ha tenido experiencias exitosas haciendo negocios con las comunidades más pobres.*

El Juego de Simulación esta basado en recrear el modelo de negocios para condiciones de vida sostenible implementada para AdA. Con base en esto, el Juego de Simulación muestra la estructura de las estrategias implementadas y el comportamiento de los negocios a través del tiempo hecho entre AdA-ONG-Comunidad. Los usuarios del Juego de Simulación tienen la oportunidad de "gerenciar la compañía" interviniendo en las decisiones más importantes que se tomen para intentar llevar a la empresa al éxito; de este modo los usuarios podrán vivenciar el desarrollo de los negocios realizados a la vez que descubren y aprenden, sistémicamente, una nueva manera de hacer negocios.

Es de destacar que este proyecto se encuentra en un porcentaje del 50 % de elaboración con una especificación preliminar del modelo.

PALABRAS CLAVE: Juego de Simulación, Micromundo, Aprendizaje Organizacional, Dinámica de Sistemas, Desarrollo Sostenible, Haciendo Negocios con los Pobres, Holismo, Teoría General de Sistemas, Pensamiento Sistémico.

ABSTRACT:

Nowadays the saturation of companies in the traditional markets has unchained a strong competition among them for the positioning in this markets, this has generated that it creates new and better ways to make business, leaving to a side the traditional way to make business; that is to say, business where the markets possess a great purchase capacity. At global level many of the multinational companies have beginning to work with the world-wide population percentage where before it had not arrived in; the poorest communities. These communities, in many cases, lack access to appropriate services of energy, water, health, and overalls opportunities to improve their economic and social perspectives. Due to the economic and social conditions in that these communities are, these companies have begun to see profitably to this third of the world-wide population.

The business sector has begun to implement what is denominated to **"make business with the poor".** The concept of making business with the poor and the opening of markets demand an additional effort and a change in the way in which we make business and in the way in which we thought to make business. The success requires that the companies think beyond the traditional wisdom. It is, then, strictly of business, new business and new markets, business that it benefits the poor and benefits to the companies[1].

World Business Council for sustainable Development Development (WBCSD) is a group of multinational companies that it is basing part of its activities on the idea of making business with the poor framing its strategies in the project called **business for conditions of sustainable life[2].**

1. Opportunities of business to reduce the poverty: A field guide, WBCSD, March 2004
2. Conditions of sustainable life refer to the implementation of the sustainable development that is the capacity to assist to the necessities of future generations, this includes implicitly, the economic development (an efficient use of

resources), the social development (cohesion and social shared progress) and the environmental development (use responsible for the natural resources).
The central idea of the business for conditions of sustainable life is in fact the one of making business with the poor so that it benefits the poor and benefits to the companies; that is to say that the business look for to generate economic development and at the same time to help to the communities and poor families to build safer conditions of life.

Consequent with the previously exposed the **Group of Investigation in Organizational Learning (Grupo de Investigación en Aprendizaje Organizacional, GIAO)** of the University of Magdalena has conceived an investigation project to create tools that serve like academic support in the diffusion this new way of making business. ***The final object of this project is the construction of a Fly Simulator or Microworld oriented to the learning that recreates the business model for conditions of sustainable life (business with the poor in where benefit between organization-community exists).*** For this, it will be modeled the program "water for all" of the business group SUEZ implemented by its subsidiary in Brazil Agua do Amazonas (AdA). This company belonging to WBCSD is dedicated to satisfy the necessities of basic services of water, it has had successful experiences making business with the poorest communities.

The Fly Simulator is based on recreating the business model for conditions of sustainable life implemented by AdA. With base in this, the Fly Simulator shows the structure of the implemented strategies and the behavior of the business through the time made among AdA-ONG-communities. The users of the Fly Simulator have the opportunity of "manage the company" taking part in the most important decisions to try to take to the company to the success; in this way the users will be able to experience the development of the business carried out, at the same time that they discover and they learn, systemly, a new way to make business.

It is of highlighting that this project is in a percentage of 50% of elaboration with a preliminary specification of the model.

KEY WORDS: Fly Simulator, Microworld, Organizational Learning, Dynamics of Systems, Sustainable Development, Making Business with the Poor, Holism, General Theory of Systems, Systemic Thought.

1. INTRODUCCION

Cerca de dos tercios de las personas del planeta son pobres, en Colombia y sobre todo en la región caribe las perspectivas económicas y sociales son iguales. *La historia muestra que el sector privado empresarial, no el gobierno, desarrolla la economía de una nación. Los gobiernos crean las condiciones que motivan, o limitan, ese desarrollo; pero el sector privado es el que emprende, crea empleo, y genera riqueza.*

La idea de hacer negocios con los pobres invita al sector privado empresarial a apuntar al desarrollo de las comunidades menos favorecidas al mismo tiempo que generan beneficios para la empresa. Los negocios para condiciones de vida sostenible tratan entonces de algo distinto a la caridad o filantropía. Se trata de negocios, negocios rentables y nuevos mercados. Estos negocios crean valor a través de incrementar los beneficios, bajar los costos operativos, y mejorar la productividad. Esto sucede al abrir nuevos y crecientes mercados, entrar en nuevas fuentes de beneficios, y reducir costos a través de la tercerización y la gestión de una cadena global de proveedores.

La mayoría de las empresas están compitiendo por una minoría de clientes potenciales, ignorando a un mercado durmiente significativo[3].

El éxito en los proyectos de negocios para condiciones de vida sostenible de las empresas pertenecientes a la *WBCSD* han demostrado que el sector empresarial puede influir de manera positiva en la sociedad generando desarrollo económico, social y ambiental para todos los involucrados.

El Grupo de Investigación en Aprendizaje Organizacional (**GIAO**) de la Universidad del Magdalena en aras de contribuir al desarrollo empresarial y social de la ciudad de Santa Marta, y en general, al desarrollo de nuestro país, ha decidido construir una herramienta informática que sirva para la realización de laboratorios de aprendizaje organizacional con el objeto de que empresarios y emprendedores aprendan sobre esta nueva manera de hacer negocios.

El objeto de este proyecto es diseñar un Juego de Simulación basado en dinámica de sistemas orientado al aprendizaje del modelo de negocios para condiciones de vida sostenible. Esto se hará modelando la experiencias de hacer negocios con los pobres del programa *Agua para todos* de la subsidiaria *Aguas do Brazil (AdA)* del grupo empresarial *SUEZ.*

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Diseñar un juego de simulación para el aprendizaje del modelo de negocios para condiciones de vida sostenible implementada para la empresa AdA que sirva de aprendizaje en el ámbito empresarial y académico.

2.2 Objetivos Específicos:

- Diseñar un modelo dinámico-sistémico que represente la estructura y comportamiento del modelo de negocios para condiciones de vida sostenible implementado por AdA bajo el programa denominado Agua para todos.
- Elaborar una interfaz gráfica para el modelo dinámico-sistemico.
- Diseñar e implementar el módulo de capacitación que le permita al jugador tener una clara ilustración acerca del juego.
- Desarrollar un material educativo computarizado que sirva para el aprendizaje de los negocios bajo el concepto de condiciones de vida sostenible.
- Diseñar e implementar el módulo de capacitación que le permita al jugador tener una clara ilustración acerca del juego.
- Diseñar e implementar el módulo de juego, este módulo permite que el jugador interactúe con los elementos del juego.
- Diseñar e implementar el módulo de simulación, se hace una representación gráfica acerca de los movimientos realizados y así observar su comportamiento.

3. METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo del juego de simulación o micromundo está basada en la metodología para la elaboración de micromundos del libro “la quinta disciplina en la practica” de Peter Senge y en el método de la Ingeniería del Software OOSE (Object Oriented Software Engeneereing) de Ivar Jacobson. La metodología está compuesta de las siguientes fases:

FASE 1: Contextualización y preparación del proyecto

Búsqueda y apropiación de la información acerca de Dinámica de sistemas, Pensamiento sistémico, Aprendizaje organizacional, Desarrollo sostenible, Modelo de negocios para condiciones de vida sostenible, Diseño de interfaces.

FASE 2: Diseño del modelo

- **Delimitación del modelo:** Identificación de las variables criticas y limites del modelo, descripción del sistema a modelar (en prosa), clasificación de los parámetros y variables de estado, de flujo, auxiliares y exógenas, delimitación del horizonte de tiempo.
- **Diseño del modelo:** Representación del modelo mediante diagramas de influencias, representación del modelo mediante diagramas de flujo-nivel, cuantificación de variables, Pruebas.
- **Prueba y Evaluación:** Esta actividad comprende la simulación del modelo y prueba de hipótesis dinámicas, prueba del modelo bajo supuestos, respuesta del modelo con análisis de sensibilidad.

FASE 3: Diseño de la interfaz

- **Análisis:** Se determinan los requerimientos de los elementos, variables y objetos que intervienen en el sistema a implementar.
- **Diseño:** Se realiza la división del sistema en módulos, lo cual facilita hacer una implementación de manera organizada y clara. Estos módulos son los siguientes: La zona de capacitación, esta presenta información sobre el juego; la zona de juego, permite desarrollar los movimientos para jugar; la zona de simulación, representación gráfica del comportamiento observado. Para ello se debe realizar los requerimientos del diseño y la elaboración del prototipo.
- **Construcción:** En la fase de construcción del sistema, se lleva a cabo la tarea de programación o codificación, la cual va a dar forma a cada una de las ideas anteriormente planteadas, aquí es donde se crea la interfaz.
- **Prueba y evaluación:** En esta etapa se prueba el funcionamiento de los módulos del sistema, se hace una nueva valoración y revisión, para superar los inconvenientes que surgieron en el camino.

FASE 4: Elaboración de las pautas para utilizar el juego de simulación

Esta última fase comprende la documentación de las recomendaciones para el uso e implementación del software, elaboración de un documento didáctico para presentar la temática a los usuarios, y un manual de usuario del juego de simulación.

4. MODELO PARA CONDICIONES DE VIDA SOSTENIBLE

El modelo de Aguas do Amazonas

En el año 2000, *Aguas do Amazonas* (*AdA*), la subsidiaria de *Suez* en Brasil, recibió una concesión para ofrecer servicios de agua y saneamiento en Manaus, una ciudad de 1,5 millones de personas. Como parte de sus obligaciones contractuales, la empresa acordó expandir la red de agua a áreas desconectadas, principalmente barrios pobres y asentamientos informales. Esto representó un desafío considerable, dado que el 60% de la población vive en esas áreas.

Alcanzando a las comunidades

AdA trabajó con *ESSOR,* una ONG de desarrollo, en un proyecto piloto conjunto para cuatro comunidades objetivo. Esto ayudó a la empresa a identificar las necesidades específicas de las comunidades pobres y adaptar sus modelos empresariales para satisfacerlas.

ESSOR actuó como un intermediario entre la empresa y las comunidades locales. Esto funcionó con los líderes comunitarios y voluntarios que elevaron el nivel de conciencia sobre la necesidad de contar con agua potable, evaluar la capacidad y la voluntad de la gente para pagar el servicio, y movilizar a la comunidad para ayudar a dar mantenimiento y manejar las conexiones de agua.

Servicio que se ajusta al cliente

AdA desarrolló una tarifa de conexión que podría ser pagada en determinados plazos. La empresa desarrollo también incentivos para motivar a las comunidades a pagar sus facturas de agua. En Manaos, cada factura es un billete de lotería, y las familias entran en el concurso a través del pago de sus facturas. En Santa Fe, una asociación local de caridad recolecta los pagos. Esta asociación recibe una comisión por cada pago y utiliza el dinero recaudado para financiar proyectos de desarrollo comunitario. Estos sistemas ofrecen un incentivo tanto para los clientes y las ONG para asegurar que las facturas sean pagadas. En la figura 1 se aprecia la dinámica de crecimiento del modelo.

5. CONCLUSIONES

Se ha mostrado las principales motivaciones para la elaboración de un proyecto orientado al diseño de un Juego de Simulación basado en dinámica de sistemas que sirva como herramienta para la enseñanza del modelo de negocios para condiciones de vida sostenible. Esto se hará basado en las experiencias de hacer negocios con los pobres de la subsidiaria AdA y específicamente del programa Agua para todos. Es de destacar que este proyecto se encuentra en un porcentaje del 50 % de elaboración, y el cual ha logrado una especificación preliminar del modelo. En la Figura 2 se observa un fragmento del modelo de negocios implementado por AdA modelado en dinámica de sistemas.

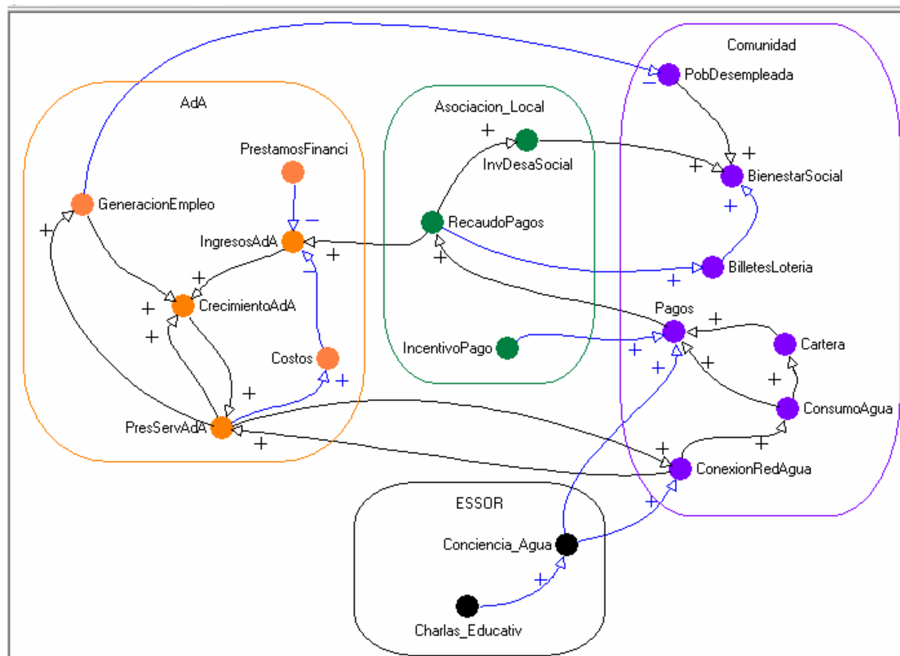


Figura 1. Diagrama de Influencias: Dinámica de crecimiento.

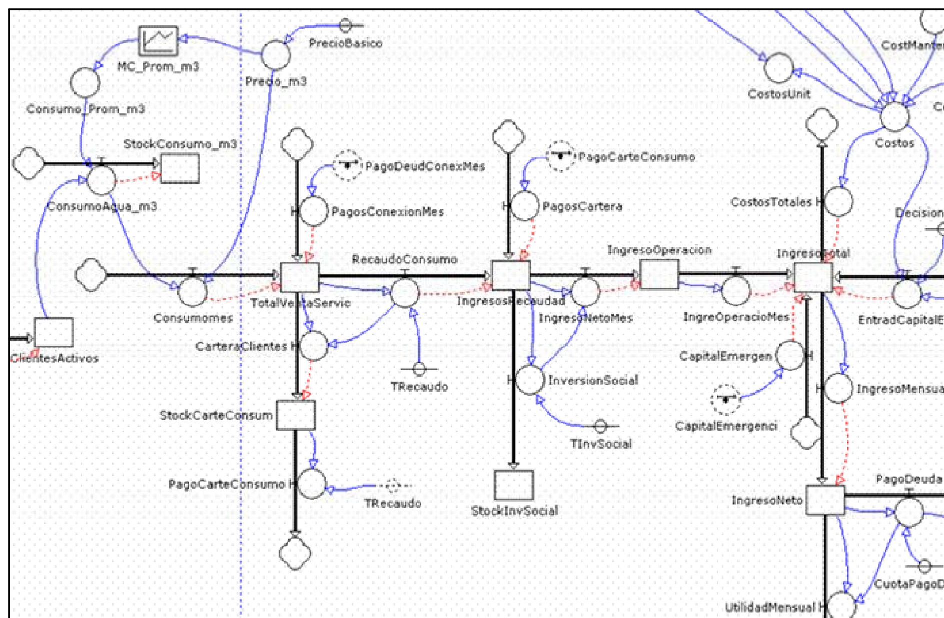


Figura 2. Parte del Diagrama de Forrester del modelo de negocios implementado por AdA

5.REFERENCIAS

[1] PRAHALAD, C.K, La oportunidad de negocios en la base de la pirámide. Bogotá, Grupo Editorial Norma, 2005.

[2] FORRESTER, Jay. Industrial Dynamics. Pegasus communications.1997

[3] SENGE, Peter, La quinta disciplina. México D.F, Ediciones Granica, 1999.

[4] SENGE, Peter, La quinta disciplina en la práctica. México D.F, Ediciones Granica, 1995.

[5] KIM, Daniel H, Introduction to systems thinking, Pegasus communications.1998

[6] MEMORIAS: II Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, 2004.

[7] VON BERTALANFFY, Ludwing. Teoría General de Sistemas. New York, Brazziler, 1968

[8] LILIENFELD, Robert. Teoría de Sistemas: Orígenes y Aplicaciones.Editorial Trillas,1997

[9] Oportunidades de negocios para reducir la pobreza: Una guía de campo, WBCSD, Marzo 2004

[10] www.wbcsd.org

[11] www.dynamicsystems.org

6. AUTORES

SAMUEL PRIETO MEJÍA, Magíster en Informática, Universidad Industrial de Santander, Ingeniero de Sistemas, Universidad Industrial de Santander (UIS), Docente Tiempo Completo Programa de Ingeniería de Sistemas Universidad del Magdalena, Santa Marta, Director del grupo GIAO Clasificado B COLCIENCIAS en el área de Aprendizaje Organizacional.

JEISSON JAVIER IGLESIAS JIMÉNEZ, LUIS CARLOS ESCANDÓN VEGA, JENNIFER LINZAY CARREÑO DE AGUAS, Estudiantes de Tesis de grado de Ingeniería Industrial y de Sistemas pertenecientes al grupo GIAO de Investigación.

Pensar dinámicamente con variables de flujo y de acumulación

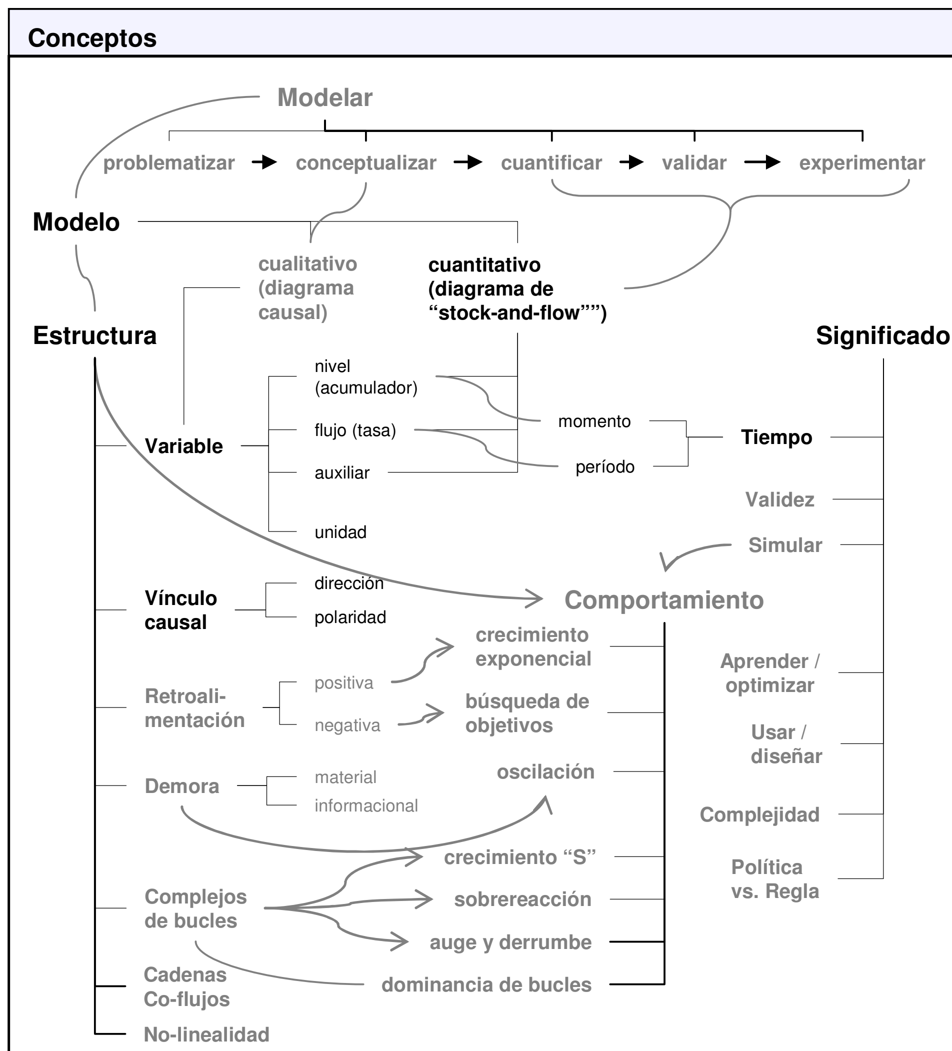
Sobre este capítulo

Objetivo

Conocer y saber utilizar el lenguaje de los "diagramas de *flujos* y **acumuladores**" para elaborar un modelo cuantificable de un sistema dinámico.

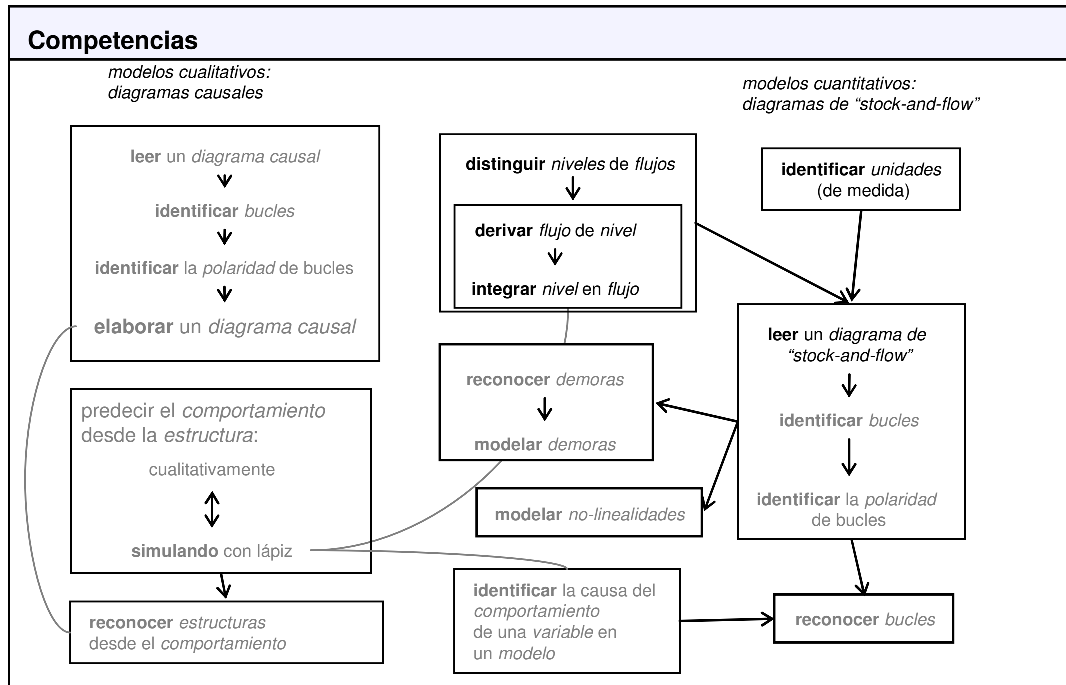
Comprender la parte conceptual de la simulación, en particular la relación y diferencia entre "**Acumulador**" y "*Flujo*"

Conceptos



Un modelo puede ser cuantitativo y representa la estructura de la situación que indagamos. Esta consiste de variables, que son de diferentes tipos: acumuladores, flujos y auxiliares. Las variables se miden en determinadas unidades de medida. Entre ellas hay vínculos de casualidad (con dirección y polaridad). Es importante comprender el significado del tiempo. El tiempo se organiza en momentos y periodos. Los acumuladores se refieren a momentos y los flujos se refieren a periodos.

Competencias



Distinguir nivel de flujo e identificar unidades (de medida) es importante para poder leer un diagrama "stock-and-flow", que es necesario para poder identificar bucles de retroalimentación, que es necesario para identificar su polaridad.

Distinguir **acumulaciones** de *flujos* es importante para poder convertir unos en otros;
- se puede derivar gráficamente el *flujo* neto del comportamiento de un **acumulador**;
- se puede integrar gráficamente el **acumulador** desde el comportamiento de un *flujo*.

Esto es una forma más rigurosa de predecir el comportamiento desde la estructura, en este caso simulando con lápiz.
Esto ayuda reconocer las estructuras desde el comportamiento y preparar para reconocer estructuras genéricas, cuyo conocimiento habilita para transferirlas entre diversas situaciones.

También potencia la capacidad de dar lectura a un diagrama "stock-and-flow", lo que es importante para poder identificar

Simular

Hasta ahora, hemos elaborado modelos cualitativos: pusimos variables de las cuales sólo conocíamos el nombre (no los valores) y flechas causales con una polaridad. Pudimos visualizar la estructura del sistema modelado de esta manera, y pudimos elaborar ideas acerca del probable comportamiento de las variables del modelo. Pero cuando fuimos a explorar el modelo de simulación, su diagrama fue muy diferente de los diagramas causales. ¿Por qué?

Resulta que sin especificar

1. los valores iniciales de las variables
2. las reglas de cálculo para poder transformar los valores iniciales el los valores del periodo siguiente (y así sucesivamente)

no podemos determinar con precisión como va a ser el comportamiento (la serie de valores) de las variables que describen nuestro sistema. Esta es la diferencia entre un modelo cualitativo y un modelo cuantitativo: sólo los cuantitativos pueden ser simulados.
Simular significa determinar y recorrer los valores de cada variable para cada uno de p periodos.

¿Porque nos importaría poder simular?

La respuesta tiene que ver con la dificultad computacional de convertir un modelo con varios bucles de retroalimentación en un juicio acerca de su comportamiento probable sin hacer estos cálculos paso a paso. Ya con un modelo simple como el de la difusión revisado en el capítulo siguiente, esto es terriblemente difícil. Por esta razón simulamos, y para poder hacerlo, se requiere cuantificar los valores iniciales y las relaciones causales que determinen el comportamiento en el tiempo.

Componentes de un diagrama "Stock-and-Flow"

Hemos dicho que el mundo funciona constantemente, pero en general nuestros sistemas de percepción no lo hacen. Es decir: si bien las cosas en el mundo cambian con continuidad, nosotros sólo podemos percibir de momento en momento. Por ejemplo, si llenamos una tina de baño con agua caliente, podemos medir el nivel del agua en cada momento:

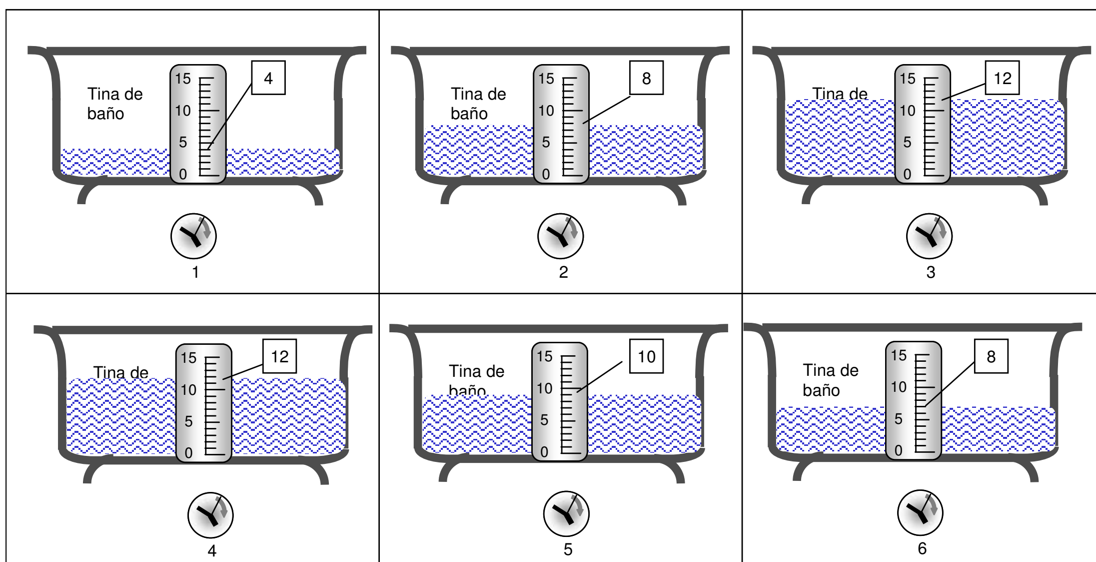


Ilustración 1: niveles de agua llena la tina de baño.

Después de unos "ratos" (el tiempo que pasa entre dos momentos), tendríamos una línea bastante suave del comportamiento de la cantidad de agua en la tina. Pero en verdad sólo tenemos los niveles puntuales al final de cada rato, es decir en un momento. No hemos registrado como se aumentó la cantidad de agua, pero sí podemos inferir: si en el momento 2 hubo 8 unidades de medida de nivel y en el momento 3 hubo 12, y así sucesivamente. Esta cantidad presente en un determinado momento, la llamamos el "nivel" de agua en la tina.

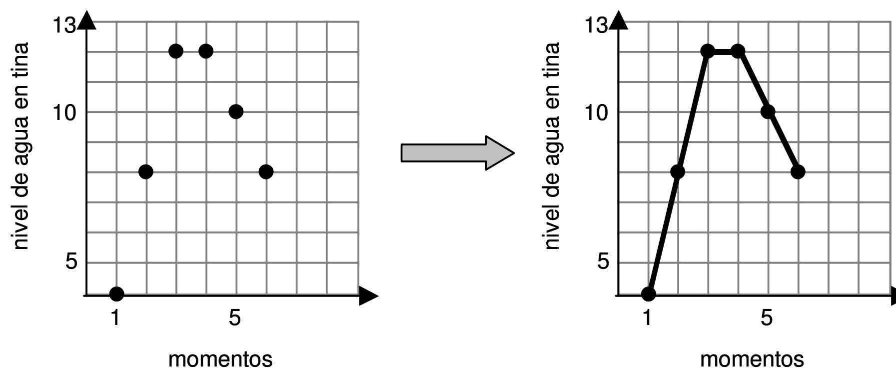


Ilustración 2: desde las mediciones tomadas en determinados momentos, se infiere la conducta del nivel

Entonces durante el "rato" entre los momentos 2 y 3 se agregaron 4 unidades de medida de agua.

Momentos	Cantidad	Diferencia
1	4	
2	8	4
3	12	4
4	12	0
5	10	-2
6	8	-2

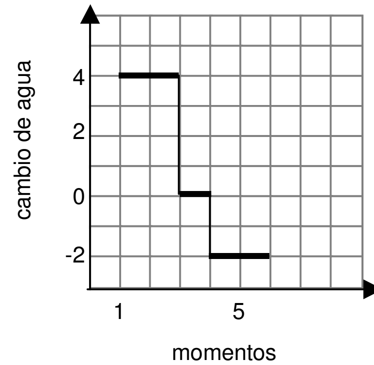


Ilustración 3: desde los niveles, se infieren los cambios

Esto es lo que llamamos un *flujo* neto de 4 unidades de medida. En cambio, la cantidad de agua en tina de baño es simplemente lo que se ha ido acumulando entre la entrada y la salida; por ello, los objetos como la tina de baño tienen el nombre de **acumulador**. No siempre hay un solo flujo. En el caso de la tina, podemos sacar el tapón:

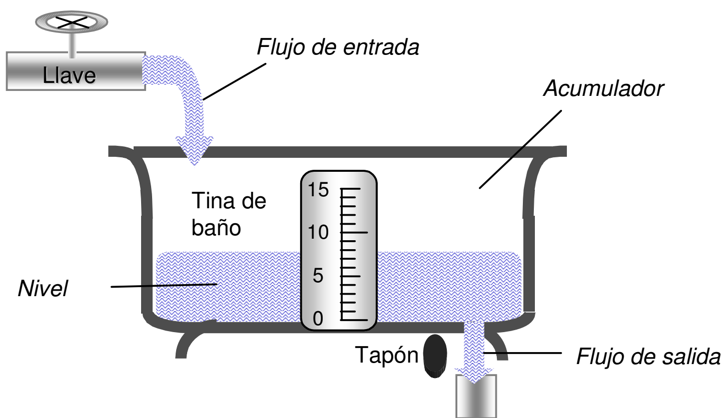


Ilustración 4: la tina como un sistema dinámico.

Ahora entra y sale agua al mismo tiempo. Uno de estos *flujos* aumenta el nivel de agua en el **acumulador** (lo que podemos medir), el otro lo disminuye. No obstante, la manera como medimos la cantidad de agua en la tina es la misma, e igual como antes, podemos inferir desde la diferencia de **nivel** de agua entre dos momentos la cantidad neta de los *flujos*. Más aún, si no hemos cambiado la posición de la llave de agua (entonces conocemos la cantidad del *flujo* entrante por "rato"), podemos determinar el tamaño del *flujo* de salida (por "rato"): si entra una cantidad que aumenta el **nivel** de 4 (por rato), y observamos que el **nivel** bajó de 2, entonces la cantidad que debe haber salido por el tapón es 6.

Ahora podemos volver a representar lo que pasó con la tina de baño, en una forma más completa.

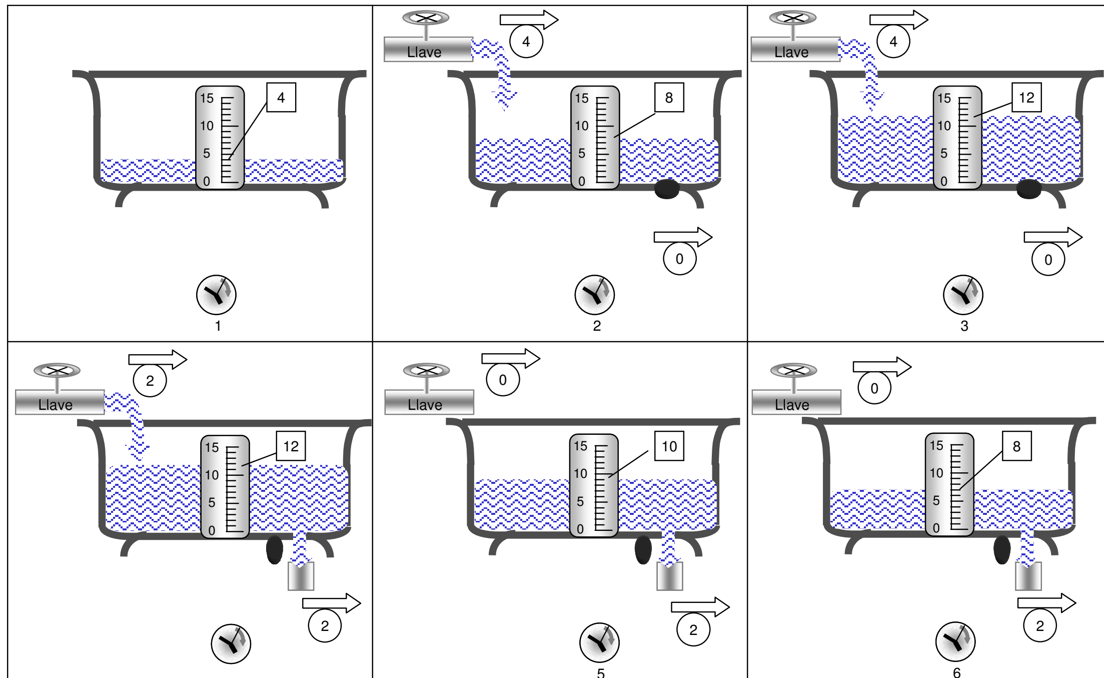


Ilustración 5: flujos y niveles en la historia de la tina, versión con tina

En el inicio, solamente pudimos constatar la cantidad de agua en la tina, es decir el **nivel** del acumulador "tina". Esta claro que antes del "inicio", algo debe haber pasado, ya que de alguna manera el agua presente debe haber llegado allí. En este sentido, un acumulador siempre revela – en el presente – los efectos cumulativos de todo su pasado.

En los demás periodos, fluye agua: a veces entra algo y no sale nada (2 y 3), a veces entra y sale algo al mismo tiempo (4; en este periodo, es interesante calcular el *flujo neto*), y otras veces solamente sale agua (5 y 6).

Resulta que en la tina "real", la única manera de cambiar al **nivel** es a través de los *flujos*. Piénselo: ¿cómo podría hacer que haya más o menos agua? Agregando (*flujo* de entrada) o quitando (*flujo* de salida): es decir, cambiar un nivel es un flujo. Y gestionar la tina es tomar decisiones acerca de la llave y del tapón (los *flujos*) en base de la información disponible sobre el **nivel** (y sus cambios en el tiempo). En el ejemplo de la tina, podemos sacar el tapón; entonces al mismo tiempo entra agua por la llave y sale agua. Es posible que el *flujo* entrante sea diferente al *flujo* de salida: entre más de lo que sale o al contrario. Si entra más de lo que sale, ¿qué pasa con el **nivel**? Aumenta. Y si sale más de lo que entra, entonces baja el **nivel**. El **acumulador** actúa entonces como un depósito temporal entre dos flujos de diferente cantidad. A esto debe su nombre.

Esto nos da la posibilidad de crear y manipular una tina "virtual". Una vez que hemos cuantificado los *flujos* (cantidad/rato), podemos calcular el **nivel** del agua en la tina (**acumulador**) para cualquier momento: si el *flujo* neto es de -2, y en el momento 6 hay un **nivel** de 8, entonces ¿en qué momento queda vacía la tina (nivel 0)? Correcto, es el momento 10.

Esto es simular. Para simular, nos servimos de un modelo – un a representación de algunos aspectos relevantes del sistema "real". En este recuento hemos mencionado dos tipos de variables: el **acumulador** (donde se mide el nivel o la altura del agua), que refleja la cantidad de agua o el nivel del agua en la tina, y lo hemos representado con un rectángulo. El otro concepto importante era y el *flujo* neto de agua que entró a (salió de) la tina, representado por una flecha con un oval (que imita una "válvula").

Si enfocamos nuestra mente en la naturaleza de los componentes del cuento de la tina, podemos eliminar la imagen de la tina y nos queda un diagrama con solamente *flujos* y **niveles**:

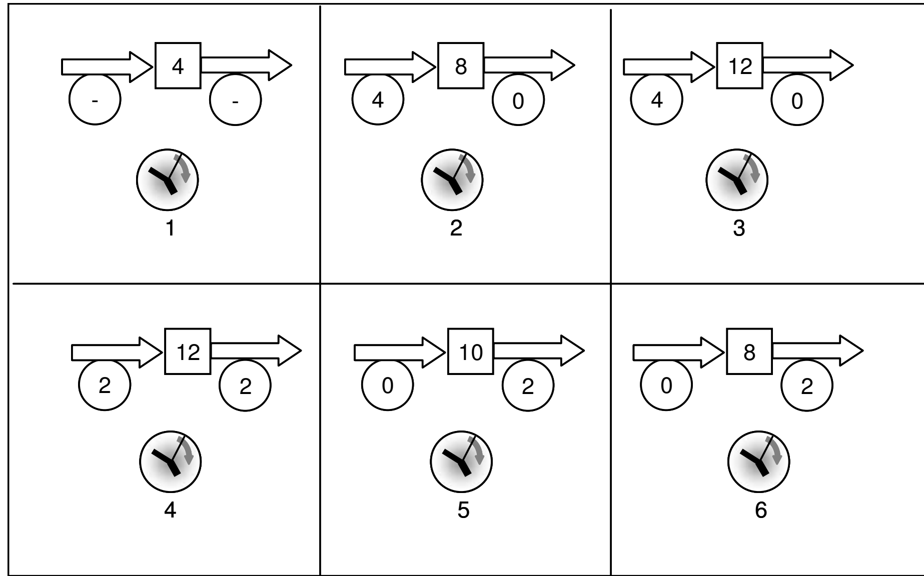


Ilustración 6: flujos y niveles en la historia de la tina, versión sin tina

En cada uno de los momentos contemplados, *hubo* un *flujo* de entrada y otro de salida (a veces son nulos, pero el hecho de tener un *flujo* nulo no significa que no exista el dispositivo físico para el *flujo*, como por ejemplo la llave de agua). También hubo un determinado **nivel** de agua dentro del **acumulador** en cada momento.

Tanto **nivel** como **acumulador** es una traducción del término inglés "stock", que se usa para hablar de bodegas, pero también de las existencias. Por ejemplo, el ganado se llama "live**stock**", cuando un objeto no se encuentra en bodega se dice "out-of-**stock**" y los títulos de propiedad que son las acciones, se transan en el "**stock** exchange" (bolsa).

Y de ahora en adelante, tenemos la posibilidad de cambiar la tina, la llave y el tapón por otras cosas concretas que, vistas de esta manera particular, también son *flujos* y **niveles**. Podemos mencionar el ejemplo de una cuenta en el banco, o la energía que "importamos" cuando comemos.



Imagine 4 ejemplos de situaciones de su conocimiento que pueden ser descritas en términos de *flujos* y **niveles**.

Es posible que el lector atento ya haya remarcado una diferencia entre *flujo* y **nivel** en cuanto a su relación con el tiempo. Cuando se presentó el ejemplo de la tina (Ilustración 1, p.4), apareció solamente la cantidad medida en tal o tal momento; un momento no tiene extensión en el tiempo, es "ahora". Los **acumuladores** se refieren a un momento particular en el tiempo. Luego vimos como se puede inferir y/ decidir la magnitud del *flujo* que cambiará el **nivel** entre un momento y otro. Para pensar en *flujos*, requerimos dos momentos y el periodo de tiempo que pasa entre ellos: los *flujos* se refieren a los periodos o intervalos entre los momentos. También decimos que los **niveles** son variables de estado (el estado de tal o tal variable en este momento) y los *flujos* son variables de flujo.

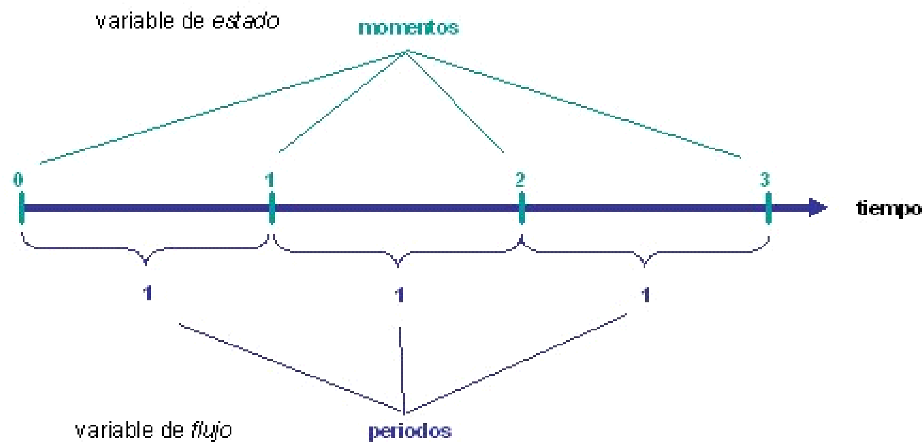


Ilustración 7: los acumuladores se refieren a un momento, los flujos a un periodo

Ahora hemos conocido dos tipos de variable muy diferente, las más importantes de sus característicos propias y una aproximación a los símbolos que se usan en "Dinámica de Sistemas" para representarlos. Ahora podemos introducir estos símbolos con un poco más de precisión. En dinámica de sistemas, usamos los siguientes símbolos:

Nombre	Símbolo	Singificado
Acumulado r (stock)	Personas en Tienda	Son los contenedores de cantidades de algo, de lo cual sabemos la unidad de medida. Son pasivos: reciben lo que entra y dejan salir lo que sale. Su función es ser repositorio temporal entre el momento de entrada y el momento de salida.
Flujo (flow)	entran	Son lo que hace cambiar los niveles. Son de la misma unidad de medida que los niveles que afectan, pero por periodo.
Convertidor/ Auxiliar	fracción 1	Un convertidor es una entidad "auxiliar" cuya única función es convertir información entrante en nueva información. Sirve para haber visible los diferentes pasos de transformación de información en la toma de decisiones. El efecto de hacer estos pasos explícitos en el diagrama es que se pueden discutir abiertamente ya demás cada una de las formulas queda simple.
Flujo de información		Un flujo de información permite a una variable de flujo o un convertidor "ver" la información acerca de la cantidad actual de alguna otra variable (nivel, flujo físico o convertidor)
Fuente/desti no		La "nube" es el lugar de donde las "cosas" entran al sistema y adonde van cuando salen de el. Esto es necesario para la "conservación de la materia": nosotros siempre nos interesamos a alguna parte particular del universo, dejando afuera el resto. Pero las "cosas" como agua, personas, dinero no aparecen por magia desde la nada cuando aparecen en nuestro modelo de nuestro sistema: vienen de "alguna parte". E igualmente van a "alguna parte". De donde vienen, adonde van, no nos interesa, pero admitimos que vienen de alguna parte y van alguna parte.

Tabla 1: símbolos para diagramas de acumulador y flujo

Con estos símbolos, se pueden elaborar diagramas de "stock-and-flow". Lamentablemente, la literatura en español ha tendido a llamar estos diagramas "diagrama de Forrester"; esto rinde honor a la persona quien desarrolló la dinámica de sistemas, pero no dice mucho sobre los diagramas. Decir "acumulador-y-flujo" sería una alternativa, pero nosotros entrenaremos nuestro inglés al hacer uso del término original.

Tomemos como ejemplo el experimento inicial de las personas que entran en y salen de una tienda. Recordemos que estuvimos observando una tienda durante unos 30 minutos

para ver cuantas personas entran, salen y se detienen en la tienda. Dos de estos minutos podrían haber sido los siguientes:

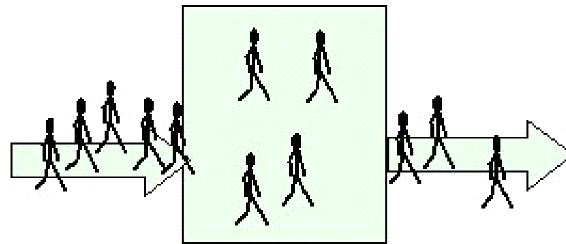


Ilustración 8: dos flujos de personas cambian la acumulación en una tienda (a)

Esto se representa como el siguiente modelo:

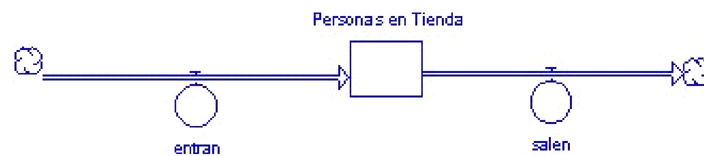


Ilustración 9: dos flujos de personas cambian la acumulación en una tienda (b)

Equivale al siguiente diagrama de influencia:

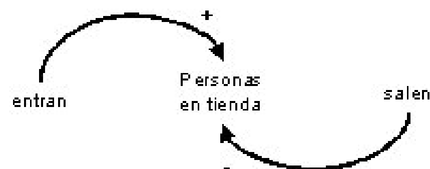


Ilustración 10: dos flujos de personas cambian la acumulación en una tienda (c)

Las diferencias entre los diagramas causales y los de "stock-and-flow" son pocas pero importantes:

	Diagrama causal	**Diagrama de "stock-and-flow"**
variable	alguna cosa que se puede identificar mediante un sustantivo	alguna cosa cuya cantidad se puede medir o imaginar en algún momento (**acumulador**); un cambio en la cantidad de un nivel durante un periodo (*flujo*)
tipo de conocimiento acerca de la variable	creemos que representa algo en el sistema "real" que nos preocupa y podemos tener una opinión acerca de si crece o descrece en el tiempo.	**acumulador**: somos en condiciones de especificar su unidad de medida, la cantidad inicial y una ecuación diferencial que represente la influencia de los flujos (entradas y salidas). En nuestro ejemplo: Personas_en_Tienda(t) = Personas_en_Tienda(t-dt)+entran(dt)-salen(dt). (Ver explicación abajo); *flujo*: somos en condiciones de especificar su unidad de medida (por periodo) y una formula que explica la cantidad que tomara para cada periodo. En nuestro ejemplo son simplemente constantes.
flecha	creemos que hay una influencia causal de determinada polaridad entre las dos variables conectadas por la flecha.	en el caso de los flujos físicos, ya se ha definido lo que son. los flujos de información permiten a una variable de flujo o un convertidor de "percibir" el contenido informativo de un nivel, un convertidor o un flujo.
simulable	no	si

Tabla 2: comparación entre tipos de diagramas

El "dt" en la ecuación representa la extensión del periodo que pasa entre dos momentos. Viene de “delta tiempo” y corresponde al intervalo de tiempo para el cual el motor de simulación resuelve las ecuaciones.

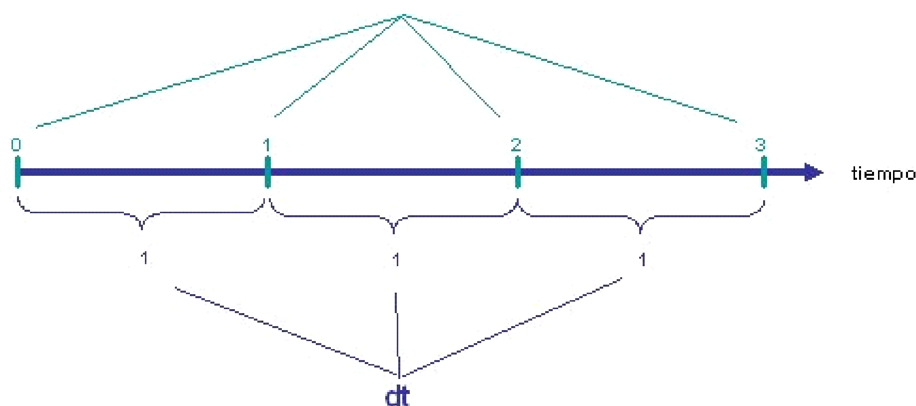


Ilustración 11: el "dt" es el intervalo de solución para la simulación.

La interpretación matemática de *niveles* y *flujos*

Hasta este momento, se ha dicho algo sobre las características de los **niveles** y de los *flujos*, pero no sobre sus combinaciones y su comportamiento. Ahora nos dedicaremos a esta parte.

Cuando vimos el ejemplo de la tina de baño (más arriba), pudimos inferir la cantidad de los flujos durante los periodos desde el conocimiento del nivel en diferentes momentos. Y cerrábamos diciendo que desde el conocimiento de los flujos se puede inferir el nivel.

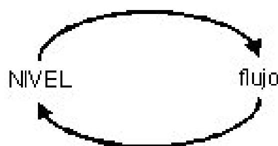


Ilustración 12: la mutua relación casual entre flujos y niveles

¿Por qué es así? Sabemos que son diferentes, porque los niveles se refieren a momentos y los flujos a periodos. Pero deben tener algo en común, sino no podríamos convertir uno en otro. La respuesta tiene que ver con la relación entre momento y periodo: el periodo se puede construir desde dos momentos: periodo(1_2) = momento(2) - momento(1). O bien momento(2) = momento(1)+periodo(1_2).

O sea: podemos integrar un nivel desde un flujo y podemos derivar un flujo desde un nivel. Esto no debería ser una gran sorpresa a estas alturas: ya estamos acostumbrados a que los flujos tienen la "característica" de "por periodo" y los niveles no.

En efecto, el flujo es el cambio de un nivel, del mismo modo que la pendiente de la curva de una función denota el cambio en los valores de la variable: podemos derivar los flujos de los niveles del mismo modo como podemos derivar la pendiente (el cambio de los valores) de una función: hablamos de derivación gráfica.

También podemos hacer la operación inversa e integrar cual debe ser el tamaño del nivel integrando desde el flujo. La suma de los flujos de los periodos parciales es el

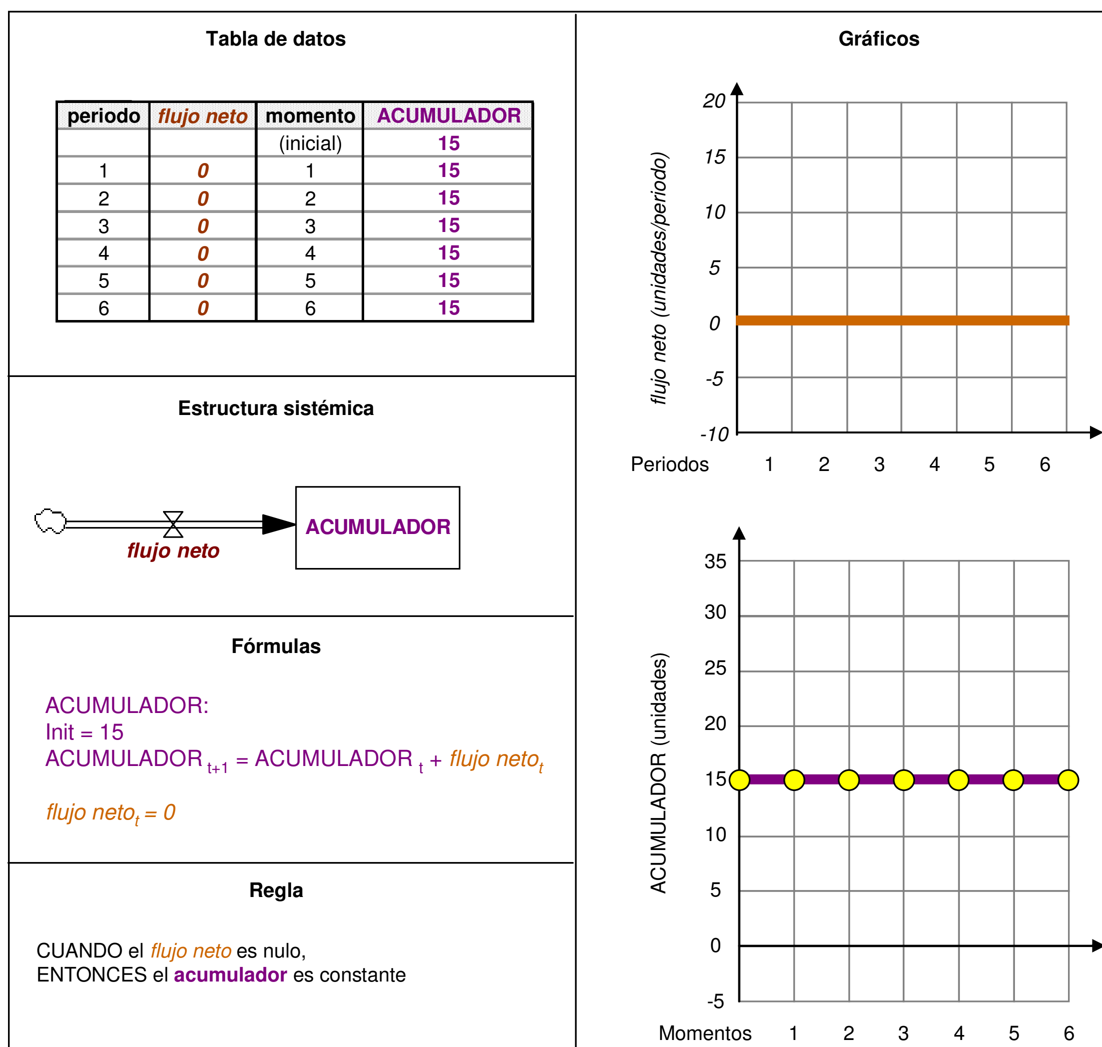
cambio del nivel; si conocemos el tamaño inicial de una variable de nivel, podemos integrar gráficamente cual es la evolución del tamaño en el tiempo.

Aproximación usando reglas

Podemos formular un conjunto de reglas que facilitan las operaciones de integración.

Cuando el flujo es nulo, el nivel es constante

Un *flujo* (neto) nulo significa que la diferencia entre lo que se agrega y lo que se saca del **acumulador** es igual a cero. Por lo tanto, el **nivel** del **acumulador** no puede cambiar. Cuando representamos este hecho numéricamente, el *flujo* se anota con "0" y el **nivel** se anota con el mismo valor que en el periodo anterior.



periodo	*flujo neto*	momento	ACUMULADOR
		(inicial)	15
1	0	1	15
2	0	2	15
3	0	3	15
4	0	4	15
5	0	5	15
6	0	6	15

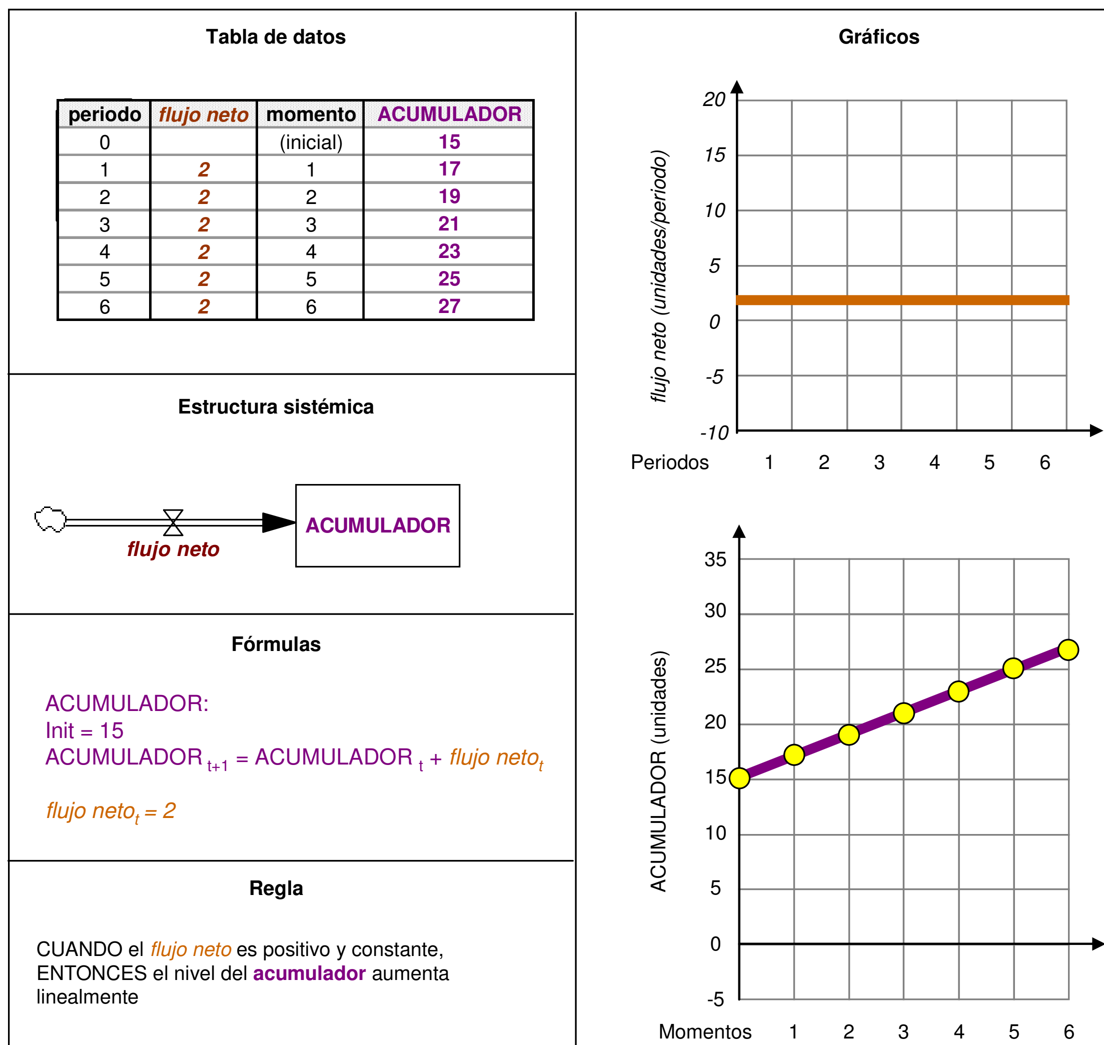
Ilustración 13: flujo nulo => nivel constante

Cuando representamos lo mismo gráficamente, observemos que la línea del *flujo* queda en la altura "0", y la línea del **nivel**, tiene exactamente esta misma pendiente. Debe ser así, ya que si el **nivel** no cambia, debe estar a la misma altura en cada periodo.

Recordemos que la línea del **nivel** se confecciona en dos etapas: se realiza una medición en cada momento (en este caso, de 1 hasta 6) y se marca el punto; luego se conectan los puntos con una línea recta, lo que equivale a una interpolación: de hecho, no hemos medido el **nivel** entre los momentos, pero nos imaginamos que se ha ido comportando aproximadamente de la forma que sugiere la interpolación.

En todo caso, dado que en el momento *m*, el **nivel** puede tener solamente un valor. Entonces, cuando trazamos las rectas de *m-1* a *m* y luego a *m+1*, la línea no debe hacer saltos: el nivel no hace saltos, y la línea que lo representa tampoco.

Cuando el flujo es positivo y constante, el nivel aumenta linealmente; el cambio del nivel es igual a la magnitud del flujo.



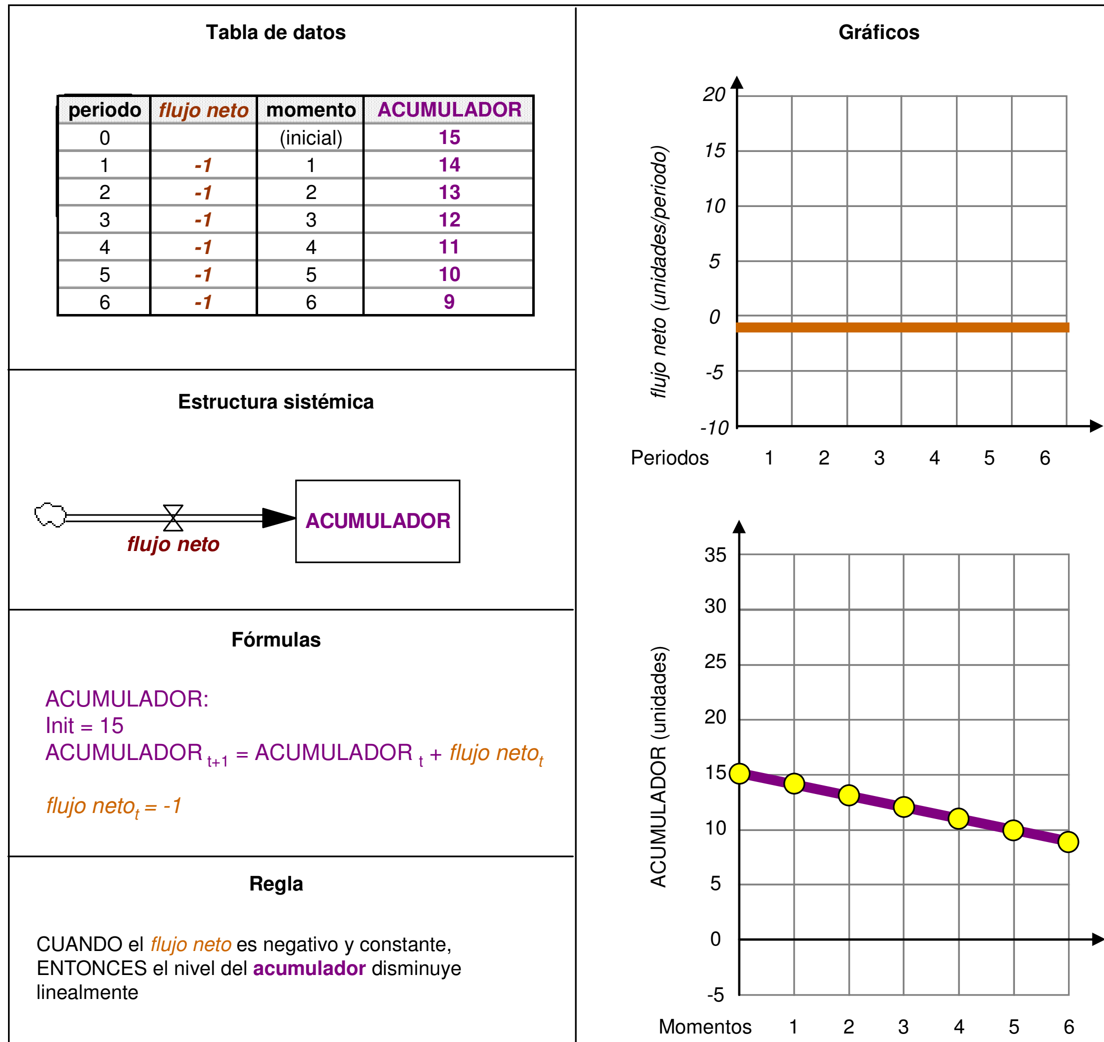
periodo	*flujo neto*	momento	ACUMULADOR
0		(inicial)	**15**
1	***2***	1	**17**
2	***2***	2	**19**
3	***2***	3	**21**
4	***2***	4	**23**
5	***2***	5	**25**
6	***2***	6	**27**

Ilustración 14: flujo positivo constante => nivel crece linealmente

Si el *flujo* neto de cada periodo es positivo y constante, significa que entre cada inicio y fin de periodo, al **nivel** debe haber cambiado por la misma cantidad. Por lo tanto, el **nivel** debe aumentar constantemente.

Observemos nuevamente que la altura de la línea del *flujo* en el tiempo, se convirtió en la pendiente de la línea del **nivel** en el tiempo. Si el flujo es de una altura constante, la pendiente del nivel será constante también.
También, la línea del **nivel** no presenta ningún salto.

Cuando el flujo es negativo y constante, el nivel disminuye linealmente; el cambio del nivel es igual a la magnitud del flujo.


Tabla de datos

periodo	flujo neto	momento	ACUMULADOR
0		(inicial)	15
1	-1	1	14
2	-1	2	13
3	-1	3	12
4	-1	4	11
5	-1	5	10
6	-1	6	9

Ilustración 15: flujo negativo constante => nivel descrece linealmente

Si el *flujo* es negativo y constante, lo que desaparece del **nivel** entre inicio y fin de cada periodo es una cantidad constante. Por lo tanto, el **nivel** debe ir bajando constantemente.

Observemos nuevamente que la altura de la línea del *flujo* en el tiempo, se convirtió en la pendiente de la línea del **nivel** en el tiempo. Si el *flujo* es de una altura constante, la pendiente del **nivel** será constante también.
También, la línea del **nivel** no presenta ningún salto.

Cuando el flujo es positivo y crece constantemente, el nivel crece exponencialmente; el cambio del nivel es igual a la magnitud del flujo durante los respectivos periodos de tiempo distinguidos.

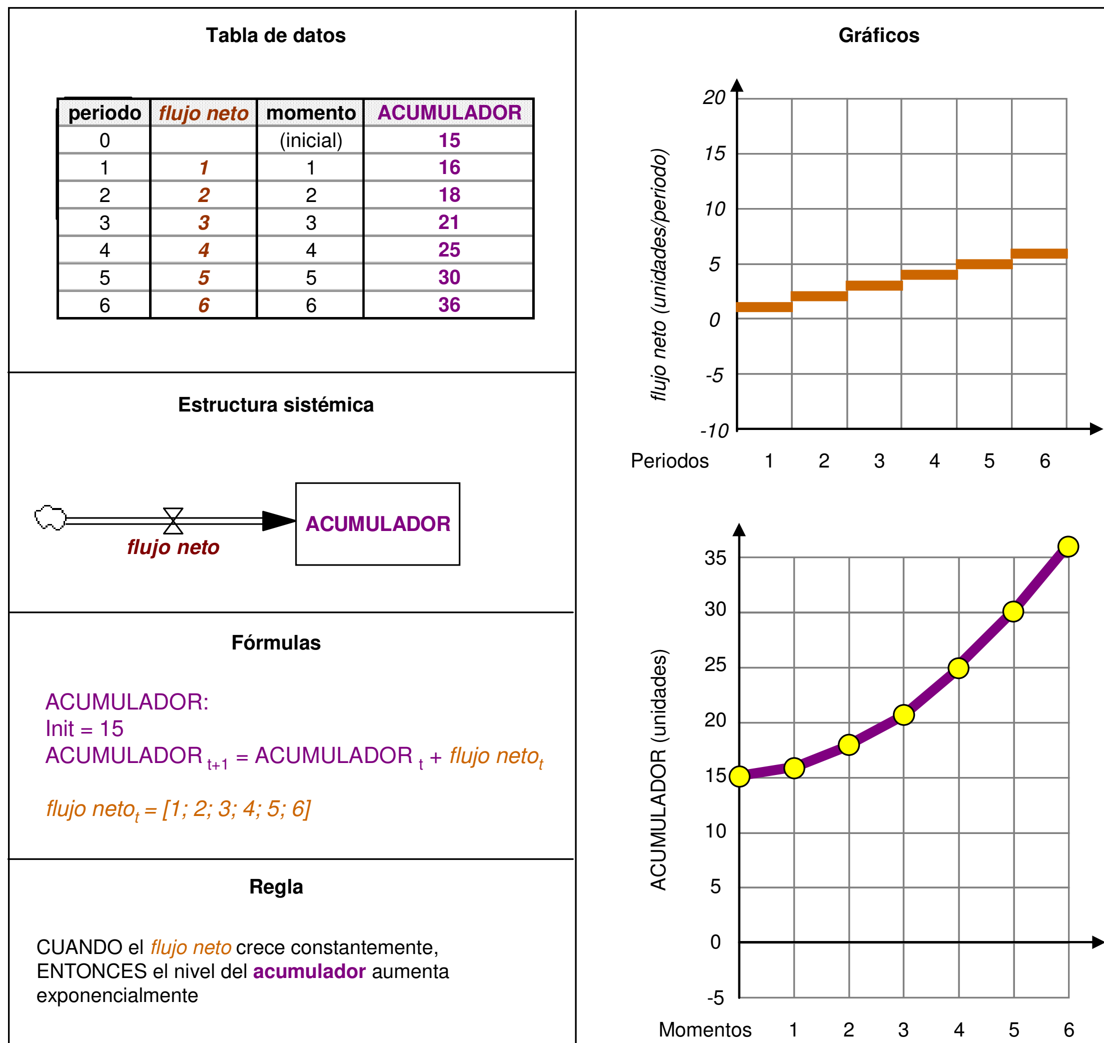


Ilustración 16: flujo positivo en crecimiento => nivel crece no-linealmente

Si el *flujo* aumenta constantemente, su altura varía por una cantidad constante entre los periodos. Por lo tanto, el cambio de **nivel** causado en los periodos crece: fue menos en los periodos tempranos, y es más en los periodos posteriores.

Observamos que cuando el *flujo* tiene una altura creciente, el **nivel** crece más que linealmente: exponencialmente. Sin embargo, igual que antes, al cambio de altura del *flujo* corresponde durante cada periodo de tiempo un cambio de pendiente del **nivel**. Es decir, lo único que cambió en relación con los casos anteriores, es que ahora tenemos que proceder periodo por periodo. También, la línea del **nivel** no presenta ningún salto.

Cuando el flujo es negativo y disminuye constantemente, el nivel disminuye exponencialmente; el cambio del nivel es igual a la magnitud del flujo durante los respectivos periodos de tiempo distinguidos.

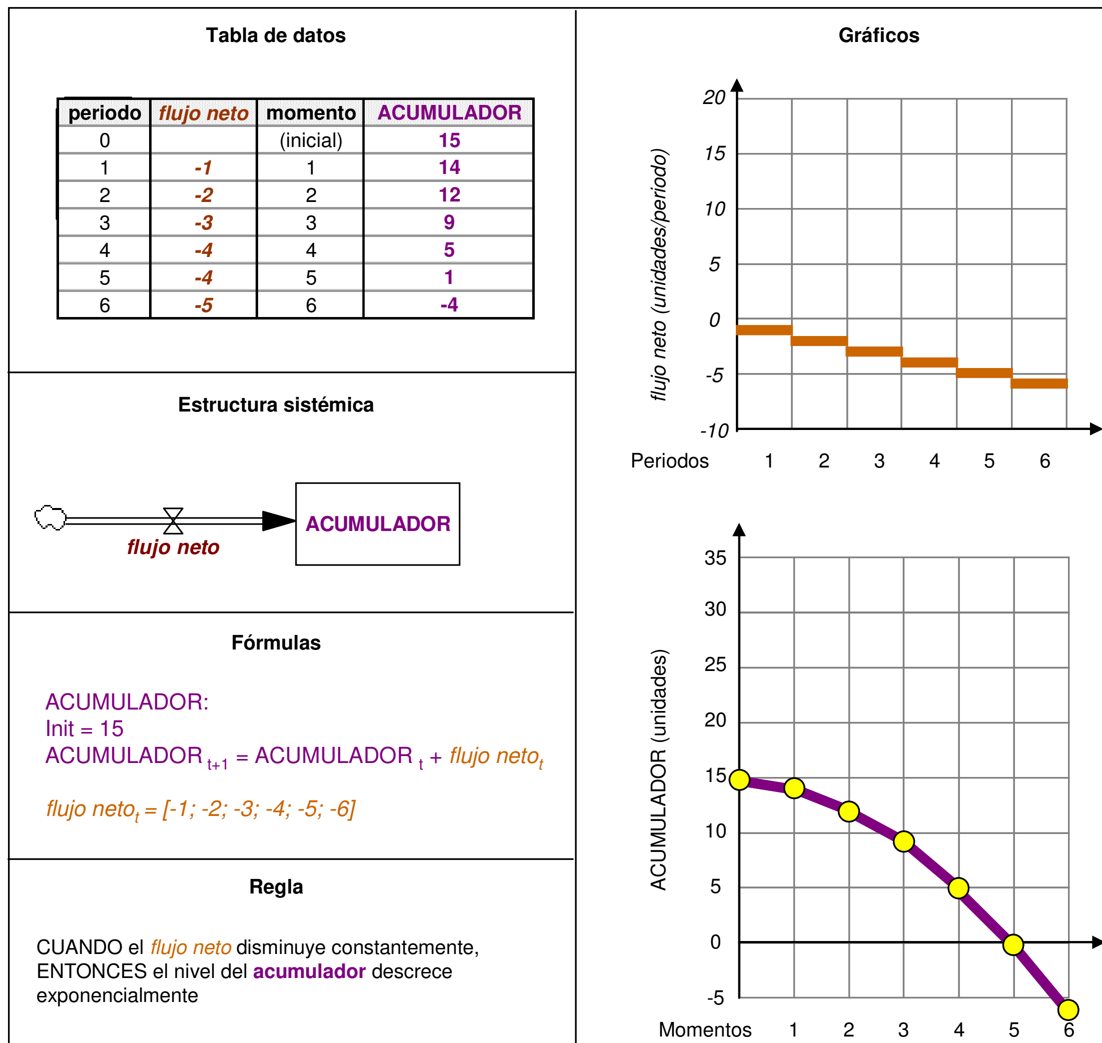


Ilustración 17: flujo negativo en descenso => nivel disminuye no-linealmente

Lo mismo es valido para cuando el *flujo* disminuye constantemente: el **nivel** disminuye aceleradamente.

Observamos que cuando el *flujo* tiene una altura disminuyendo, el **nivel** descrece más que linealmente: exponencialmente. Al cambio de altura del *flujo* corresponde un cambio de pendiente del **nivel**. También, la línea del **nivel** no presenta ningún salto.

Cuando el flujo cambia entre positivo y negativo, la pendiente del cambio de nivel cambia entre positivo y negativo

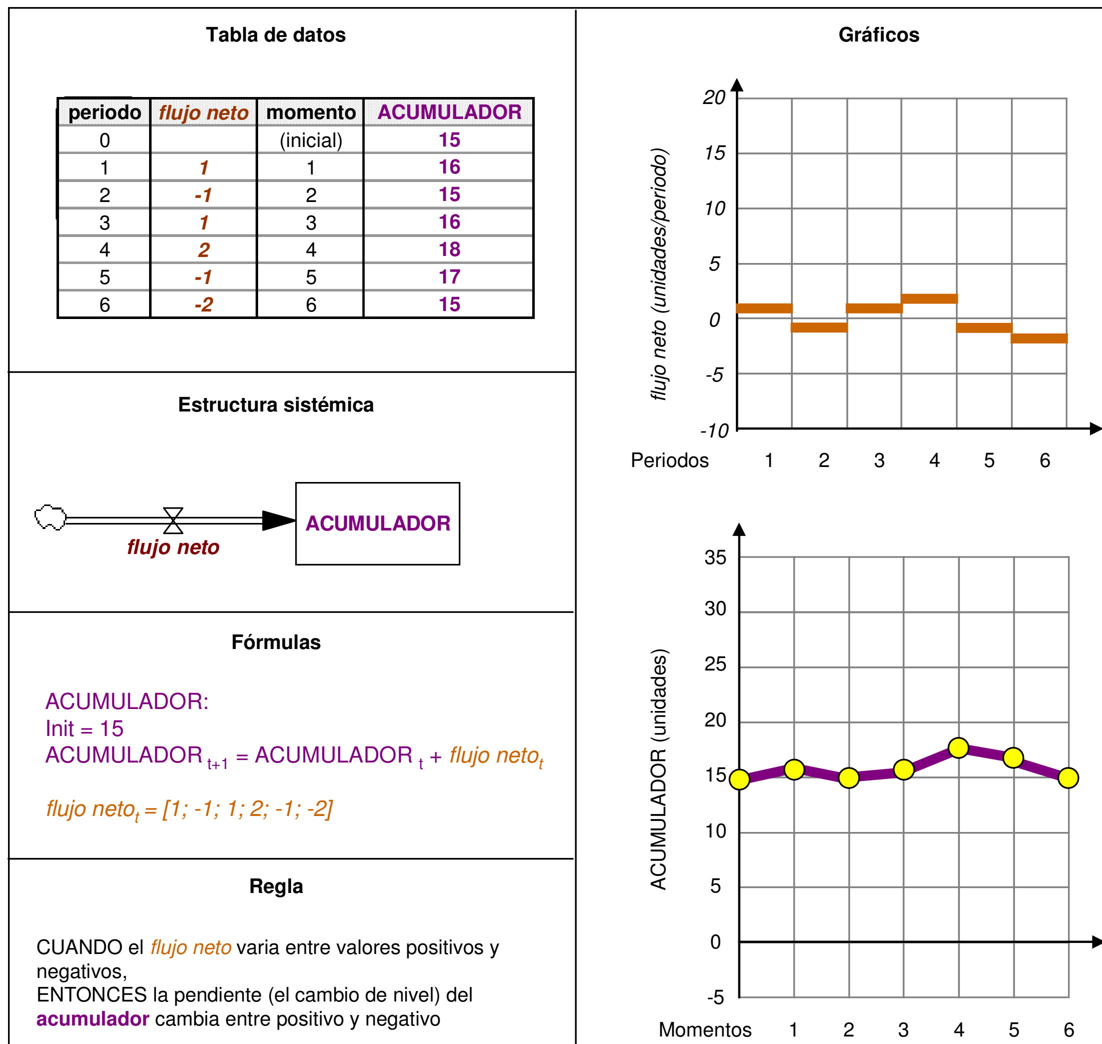
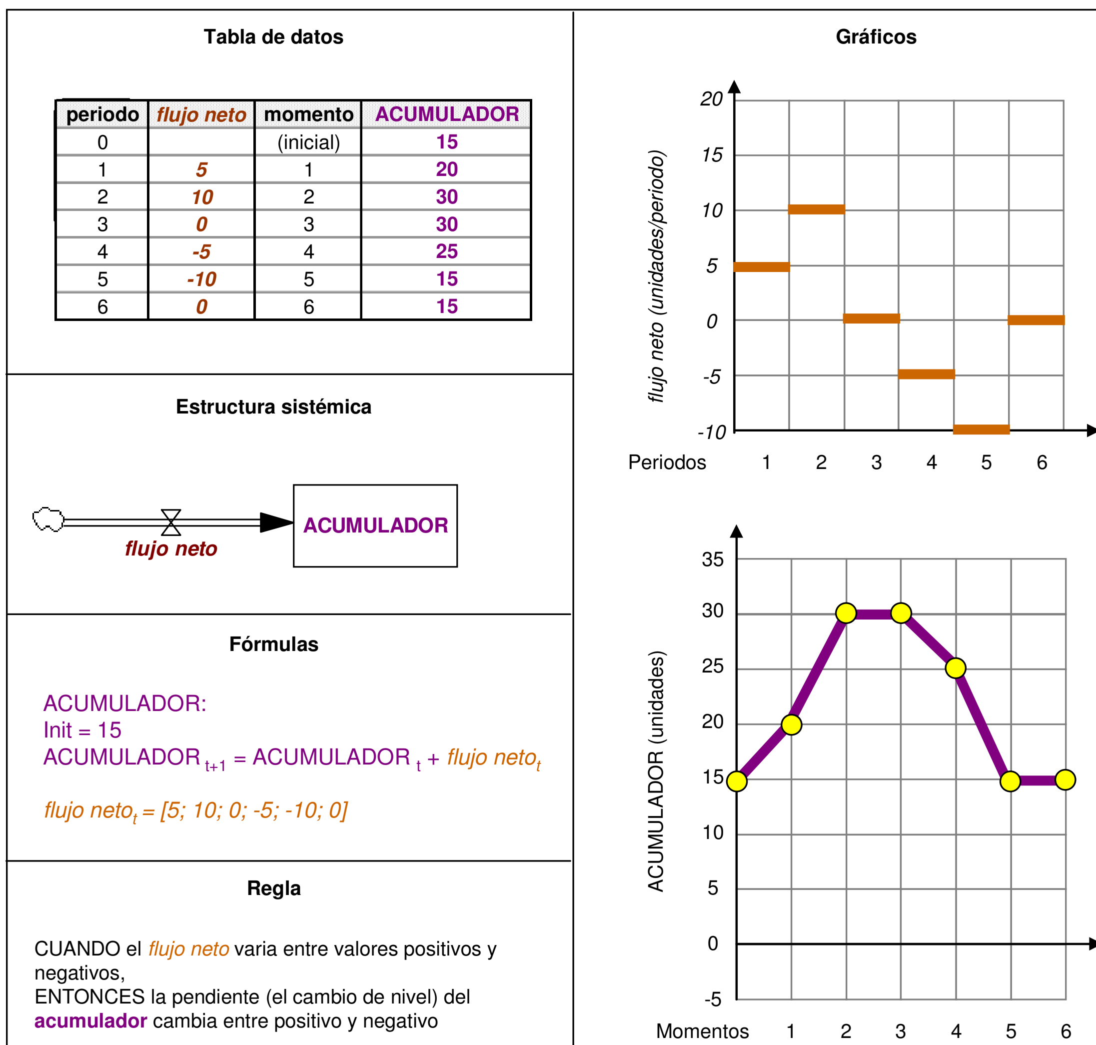


Ilustración 18: flujo entre positivo y negativo => nivel tiene máxima y mínima

Esto es simplemente consecuencia de la combinación de las dos situaciones previas. Cuando la forma del *flujo* es una combinación de las 5 formas elementales presentadas arriba, la forma de la línea del **nivel** muestra pendientes y cambios pendientes variados. Todavía, la línea del **nivel** no presenta saltos.



periodo	flujo neto	momento	ACUMULADOR
0		(inicial)	15
1	5	1	20
2	10	2	30
3	0	3	30
4	-5	4	25
5	-10	5	15
6	0	6	15

Ilustración 19: análisis de un máximo

Esta combinación de situaciones nos permite señalar dos reglas adicionales, que ayudan a captar elementos cualitativos importantes de la conducta del **nivel**. De hecho, la 19 muestra un “máximo” (local) del nivel para los momentos 2 y 3.

Así pues, las dos reglas son:

- *Cuando el flujo cambia de positivo a negativo, la pendiente del cambio de nivel cambia entre positivo y negativo y entonces el nivel del acumulador se encuentra en un máximo local.*
- *Cuando el flujo cambia de negativo a positivo, la pendiente del cambio de nivel cambia entre negativo y positivo y entonces el nivel del acumulador se encuentra en un mínimo local.*

La relación entre flujos y acumuladores

Podemos pensar que entre *flujo* y **nivel**, hay una traducción: el tamaño del *flujo* (el número en la escala vertical, en el gráfico) corresponde al cambio del tamaño del **nivel**.

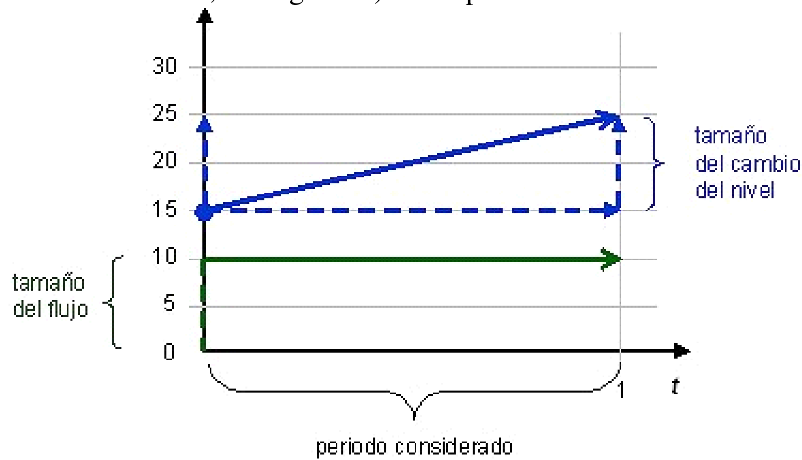


Ilustración 20: el tamaño del flujo es la pendiente del nivel

Por ejemplo, si el *flujo* es de 10 unidades (por periodo), entonces al final del periodo, el **nivel** será 10 unidades mayor que al inicio del periodo.

Podemos remplazar "10" por cualquier valor del *flujo*, y usar simple y directamente "flujo": el **nivel** al final del periodo será igual que al inicio del periodo más "flujo".

Solamente estiramos este cambio a través del periodo.

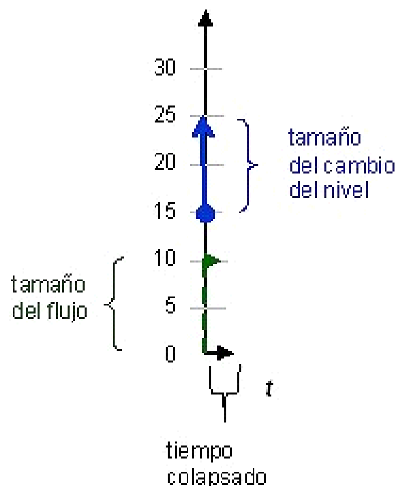


Ilustración 21: la misma regla con el tiempo colapsado

Si nos alejamos mucho de la escena o de alguna otra manera comprimimos el tiempo (la dimensión horizontal), entonces todo se reduce a la dimensión vertical. Ahora se ve claramente que el **nivel** tuvo que desarrollarse desde su valor inicial v_i hasta v_i + "flujo".

Entonces para integrar, tomábamos el tamaño del *flujo* como un vector (origen -> X), buscamos el valor inicial v_i del **nivel**, trasladamos el vector a este nuevo origen (verticalmente) y buscamos (horizontalmente) el final del periodo.

Por lo tanto, derivar gráficamente es hacer el contrario: medir la diferencia vertical entre los valores final v_f e inicial v_i del nivel, luego ir la misma distancia del origen (0) en la escala vertical, y así encontramos el tamaño del flujo.

Integración gráfica

La integración gráfica es entonces la operación de usar la información sobre el *flujo neto* (la distancia entre el valor del flujo y la línea "cero") y agregarla al nivel del **acumulador**:

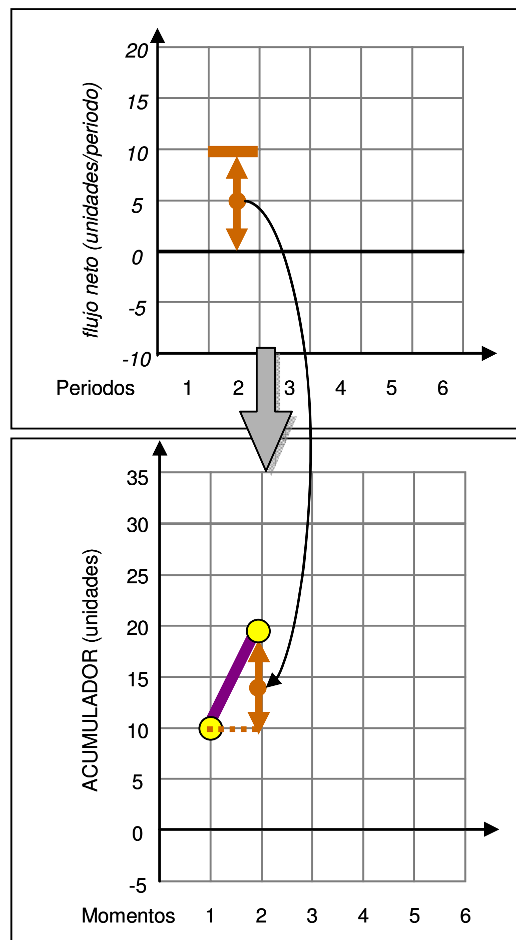


Ilustración 22: integración gráfica

Derivación gráfica

La operación inversa de la integración gráfica es la derivación gráfica. Se usa la información sobre el cambio del nivel del **acumulador** para derivar qué distancia tuvo el flujo neto de la línea "cero":

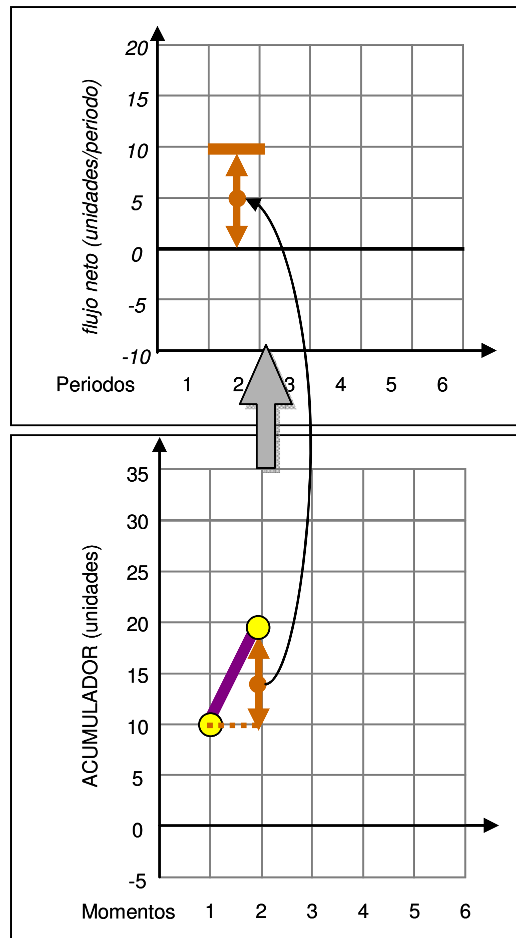


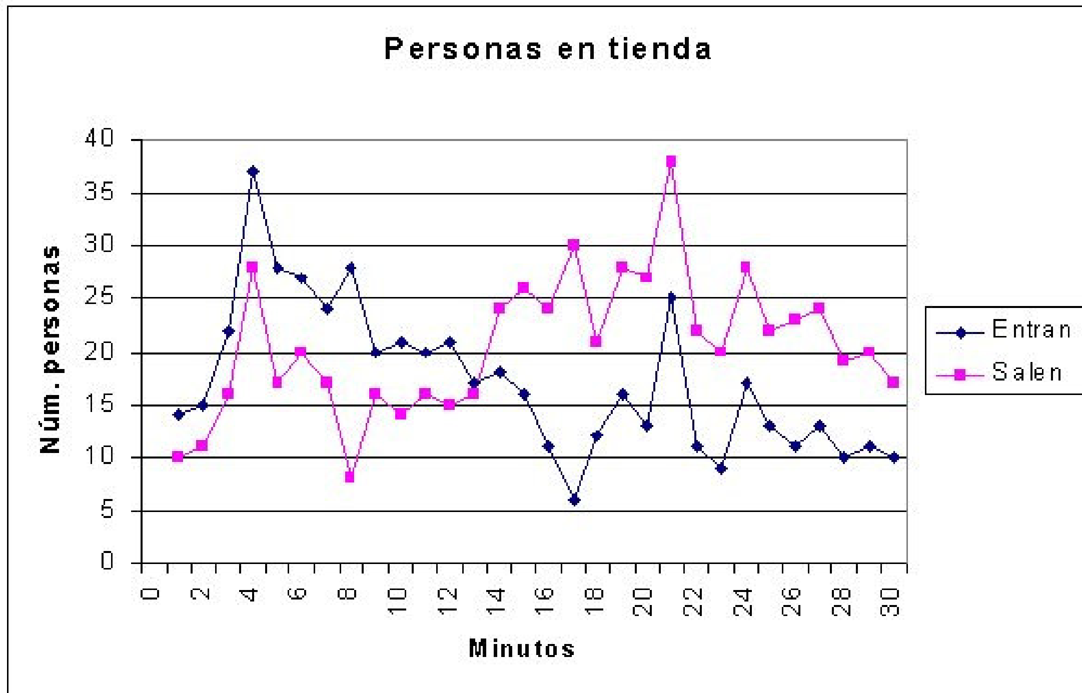
Ilustración 23: derivación gráfica

Formación de la intuición

Una amplia serie de investigaciones empíricas demuestran que la apreciación intuitiva de la interacción dinámica entre flujos y acumuladores es extremadamente difícil para los adultos sin preparación específica (Booth Sweeny y Sterman, 2000; Ossimitz, 2002; Kainz y Ossimitz, 2002; Jensen, 2005). Hay buenas razones para pensar que el entrenamiento sistemático en base de las reglas usadas arriba, ayuda a mejorar la intuición (Schaffernicht, 2005a, 2005b). Por lo tanto, se recomienda urgentemente realizar un conjunto de ejercicios; aquí revisamos también la argumentación detrás de las soluciones correctas: recomendamos hacer cada ejercicio antes de leer esta parte.

Personas en la tienda

Ud. observa una tienda comercial para una tarea de asignatura. Durante media hora, ha registrado la cantidad de personas que entran a y que salen de la tienda. El siguiente gráfico muestra estas cantidades.



Responda las siguientes preguntas:

1. ¿Durante qué minuto entró la mayor cantidad de personas a la tienda? .....

2. ¿Durante qué minuto salió la mayor cantidad de personas de la tienda? .....

3. ¿En qué minuto estuvo la mayor cantidad de personas en la tienda? .....

4. ¿En qué minuto estuvo la menor cantidad de personas en la tienda? .....

Analicemos los flujos de "entrada" y de "salida":

1."Cuando la línea del *flujo* entrante es arriba de la línea del *flujo* de salida, entonces el *flujo* entrante es mayor al *flujo* de salida." Esto es el caso desde el inicio del periodo de observación hasta el minuto 13.
2."Cuando la línea del *flujo* entrante es abajo de la línea del *flujo* de salida, entonces el *flujo* entrante es menor al *flujo* de salida." Esto es el caso a partir del minuto 13 hasta el final.
3."Cuando se cruzan las líneas de los flujos de entrada y de salida, entonces el flujo de entrada es igual al *flujo* de salida". Esto ocurre en el minuto 13.

Convertimos los flujos de entrada y de salida en un "flujo neto":

4."Cuando el flujo entrante es mayor al flujo de salida, entonces el flujo neto es positivo." Hasta el minuto 13.
5."Cuando el flujo entrante es menor al flujo de salida, entonces el flujo neto es negativo." Desde el minuto 13 hasta el final.
6."Cuando el flujo entrante es menor al flujo de salida, entonces el flujo neto es cero." En el minuto 13.

Deduzcamos las consecuencias del flujo neto para el acumulador "tienda" (cantidad de personas en la tienda):

7."Cuando el flujo de entrada es más grande que el flujo de salida, el nivel aumenta." Hasta el minuto 13.
8."Cuando el flujo de entrada es más pequeño que el flujo de salida, el nivel disminuye." Desde el minuto 13 hasta el final.
9. "Cuando el flujo neto es cero, el nivel no cambia." En el minuto 13.

Caractericemos el comportamiento del acumulador "tienda" (cantidad de personas en la tienda):

10. "Cuando el flujo neto cambia de positivo a negativo, el nivel registra un máximo local." Lo que pasa en el minuto 13.
11. "Cuando el flujo neto cambia de negativo a positivo, el nivel registra un mínimo local" Lo que pasa al final, o bien en el minuto 30.

El déficit fiscal de Fantasia

En el país FANTASIA (cuya moneda son los "F$"), se habla de "déficit fiscal" cuando el monto que el estado gasta durante un año excede los ingresos del estado para el mismo año. La ecuación siguiente describe esta relación:

déficit fiscal(Año a)= ingresos(Año a) – egresos(Año a).

La "deuda fiscal" es el monto acumulado de los "déficit fiscales" que el estado aún debe en un determinado momento a sus acreedores:

deuda fiscal(Fin del año a) = deuda fiscal(fin del año a-1) + déficit fiscal(Año a).

Consideremos la siguiente situación:

En el año 2005, el déficit fiscal ha sido de FS$60.000.000; en 2006, fue de FS$40.000.000.

Indique, para cada una de las siguientes afirmaciones, si es verdadera o falsa:

Afirmación	**Verdadera**	**Falsa**
1. En 2006, FS$20.000.000 de la deuda fiscal han sido reembolsados.		
2. El Ministerio de Finanzas logró reducir la deuda fiscal de un tercio entre 2005 y 2006.		
3. Si el Ministerio logra reducir el déficit fiscal a cero (presupuesto equilibrado), entonces FANTASIA ya no tendrá deudas fiscales.		
4. La deuda fiscal de FANTASIA creció en 2005 y en 2006.		
5. Si el Ministerio logra reducir el déficit fiscal a cero (presupuesto equilibrado), entonces FANTASIA esta en el punto máximo de su deuda fiscal.		
6. Una reducción del déficit fiscal significa automáticamente una reducción de la deuda fiscal.		

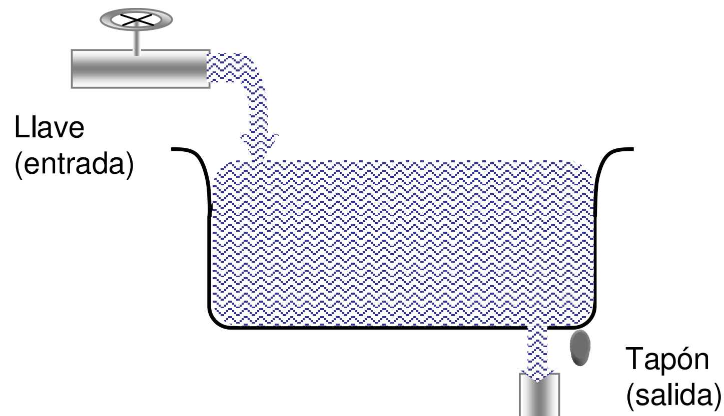
Este caso se resuelve usando las siguientes reglas:

1. Cuando los egresos de un año superan los ingresos, el flujo neto de año es negativo y se habla de un déficit fiscal.
2. Cuando los ingresos de un año superan los egresos, el flujo neto de año es positivo y se habla de un superávit fiscal.
3. Cuando los egresos de un año igualan los ingresos, el flujo neto de año es nulo y no hay ni déficit ni superávit fiscal.
4. La deuda fiscal es el cúmulo de todos los flujos anteriores.
5. El flujo neto puede cambiar la deuda fiscal.
6. Cuando el flujo neto es positivo, la deuda se disminuye.
7. Cuando el flujo neto es negativo, la deuda crece.
8. Cuando el flujo neto es nulo, la deuda no cambia.
9. Cuando de un año al siguiente, el flujo cambia de negativo a positivo, entonces la deuda registra un máximo (local).

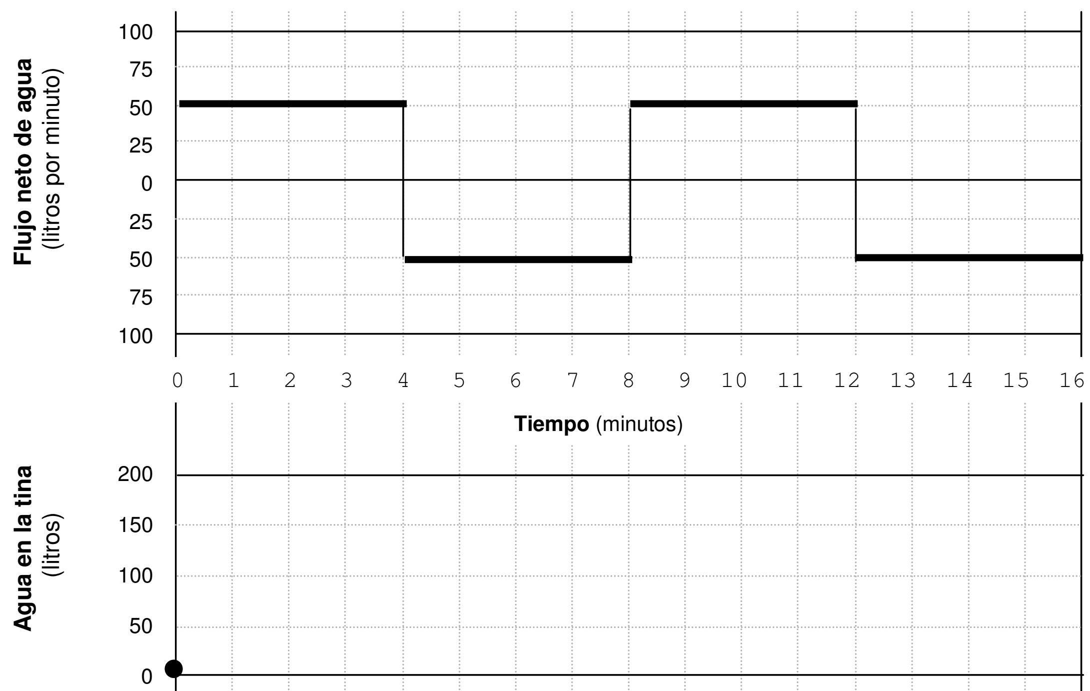
Afirmación	**Verdadera**	**Falsa**
1. En 2006, FS$20.000.000 de la deuda fiscal han sido reembolsados. *En Ambos años se aplica la regla 1.*		X
2. El Ministerio de Finanzas logró reducir la deuda fiscal de un tercio entre 2005 y 2006. *Esto supone poder aplicar la regla 6, que a su vez requiere que la regla 2 sea aplicable, lo que no es el caso.*		X
3. Si el Ministerio logra reducir el déficit fiscal a cero (presupuesto equilibrado), entonces FANTASIA ya no tendrá deudas fiscales. *Un flujo neto "cero" significa que regla 3 se aplica, y de ella sigue regla 8.*		X
4. La deuda fiscal de FANTASIA creció en 2005 y en 2006. *Se aplican reglas 1 y en consecuencia la 7.*	X	
5. Si el Ministerio logra reducir el déficit fiscal a cero (presupuesto equilibrado), entonces FANTASIA esta en el punto máximo de su deuda fiscal. *Esto corresponde a regla 9, que sigue de 8 y 3, bajo el supuesto que en el año siguiente se de en esta forma.*	X	
6. Una reducción del déficit fiscal significa automáticamente una reducción de la deuda fiscal. *La "reducción" no es "déficit cero", por lo cual se aplican reglas 1 y en consecuencia la 7.*		X

La tina 1

Observe la tina de baño: la llave sirve para regular el flujo de agua entrante, y el tapón es para regular el flujo de salida.

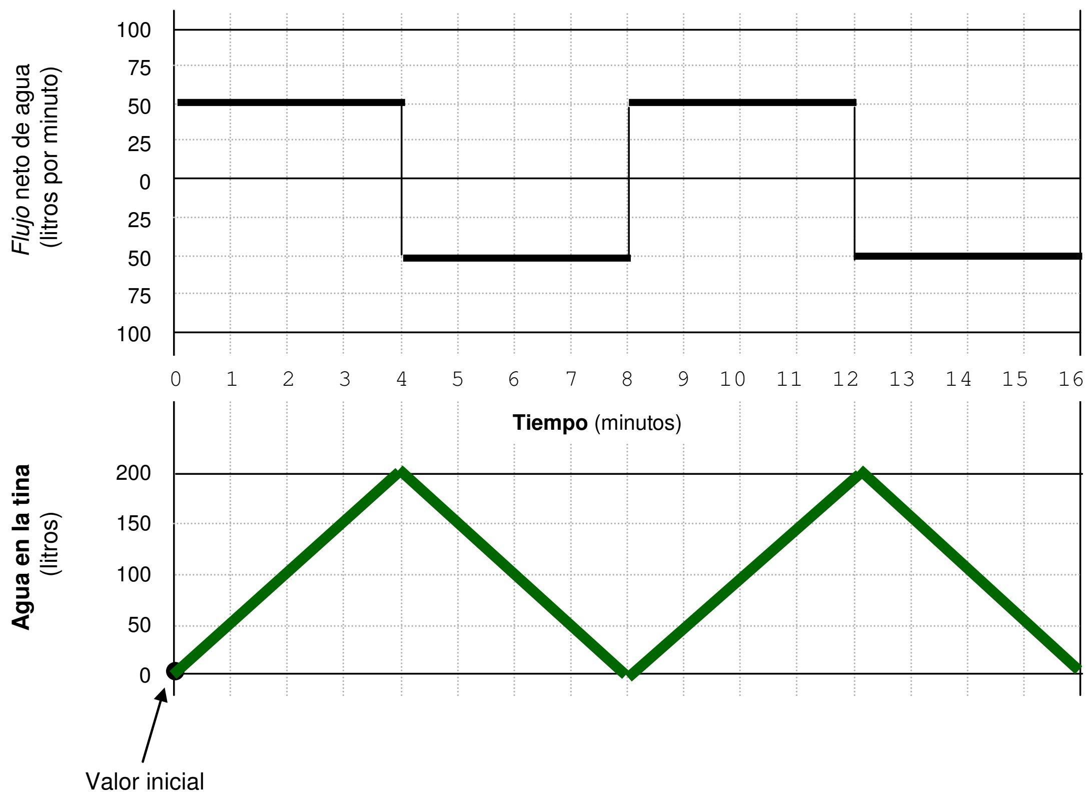


El siguiente gráfico muestra una hipotética situación en la cual el flujo neto de agua (litros que entran en un minuto – litros que salen en un minuto) se ha dibujado arriba. Asumiendo que la cantidad de agua en la tina al iniciarse el periodo de observación graficado haya sido de 0 litros, dibuje en la parte inferior la conducta de la cantidad de agua en la tina:



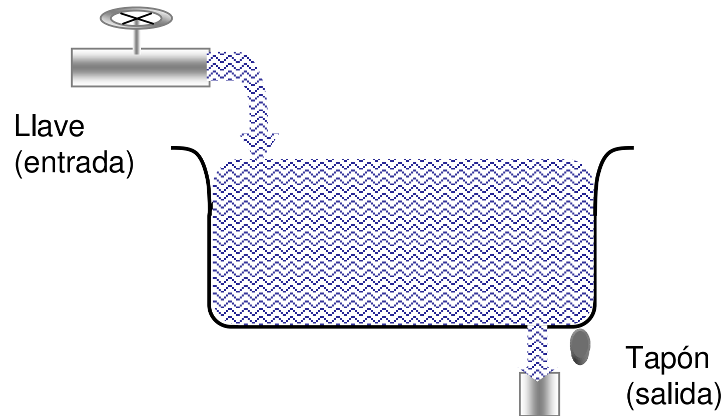
La siguiente argumentación justifica la solución:

1. Cuando el flujo de entrada es más grande que el flujo de salida, el nivel aumenta.
2. Cuando el flujo de entrada es más pequeño que el flujo de salida, el nivel disminuye.
3. Los puntos máximo y mínimo del nivel se dan cuando el flujo neto cruza la línea “cero” (4,8,12,16).
4. El nivel no debería mostrar saltos u otros cambios discontinuos.
5. Durante cada segmento, el flujo neto es constante y por lo tanto el cambio del nivel debe ser lineal.
6. La pendiente de la línea del nivel durante cada segmento corresponde al cambio neto (“rate”) (25 unidades/periodo).
7. La cantidad añadida al (restada del) nivel durante cada segmento corresponde al área debajo el cambio neto (“rate”): 25 unidades/periodo por 4 periodos igual 100 unidades. Entonces el nivel máximo es 200 y el mínimo es 100.

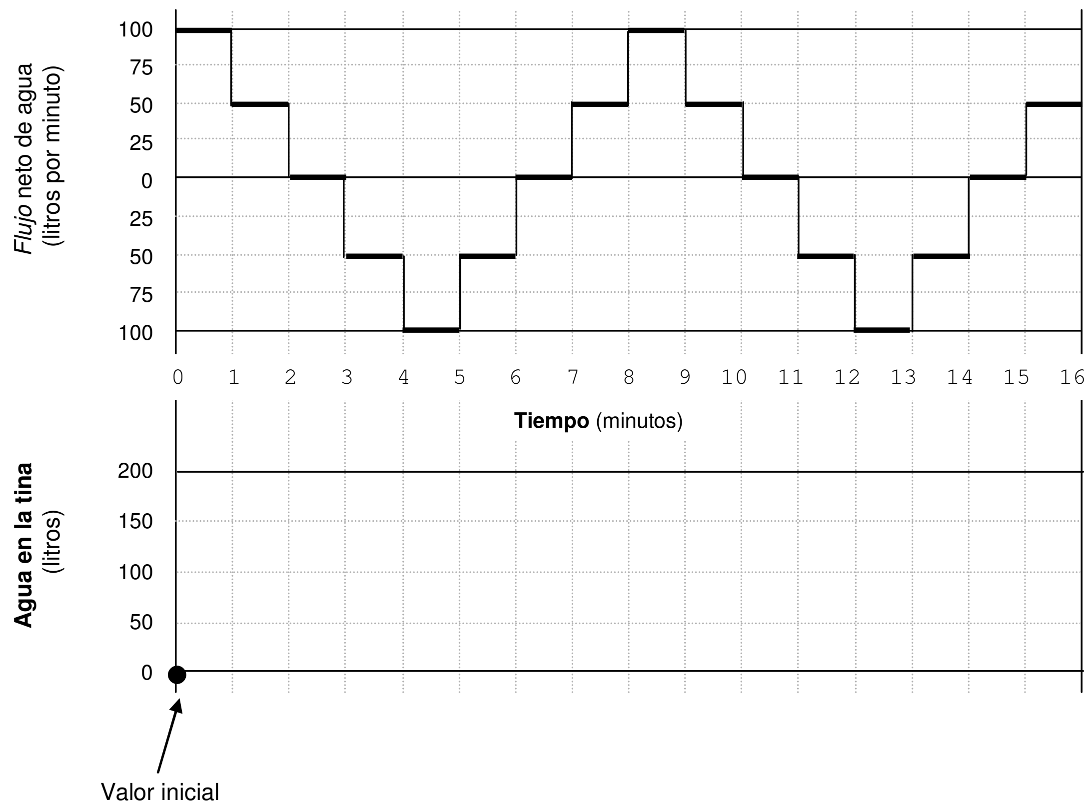


La tina 2

Observe la tina de baño: la llave sirve para regular el flujo de agua entrante, y el tapón es para regular el flujo de salida.

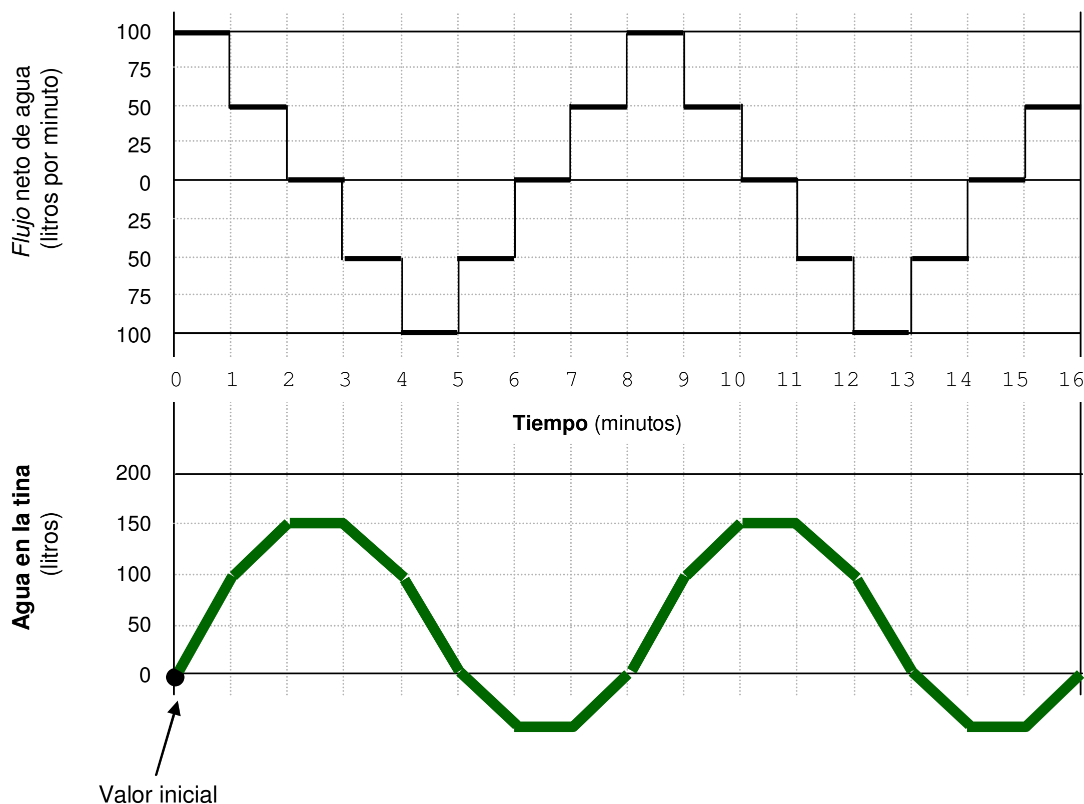


El siguiente gráfico muestra una hipotética situación en la cual el flujo neto de agua (litros que entran en un minuto – litros que salen en un minuto) se ha dibujado arriba. Asumiendo que la cantidad de agua en la tina al iniciarse el periodo de observación graficado haya sido de 0 litros, dibuje en la parte inferior la conducta de la cantidad de agua en la tina:



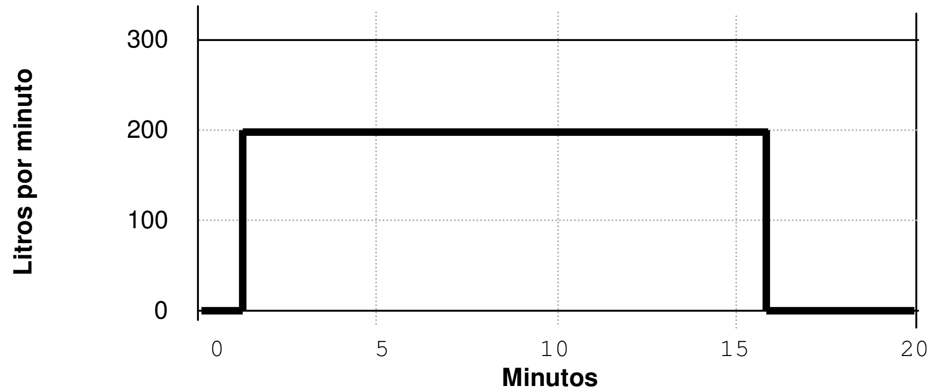
La siguiente argumentación justifica la solución:

1. Cuando el flujo de entrada es más grande que el flujo de salida, el nivel aumenta.
2. Cuando el flujo de entrada es más pequeño que el flujo de salida, el nivel disminuye.
3. Los puntos máximo y mínimo del nivel se dan cuando el flujo neto cruza la línea "cero" (2, 6, 10, 14).
4. El nivel no debería mostrar saltos u otros cambios discontinuos.
5. Durante cada segmento, el flujo neto no es constante y por lo tanto el cambio del nivel no debe ser lineal.
6. La pendiente de la línea del nivel corresponde al cambio neto ("rate") = 0,28.
7. La pendiente de la línea del nivel cuando la cambio es máximo es de 50 unidades/periodo (0, 8, 16)
8. La pendiente de la línea del nivel cuando la cambio es mínimo es de -50 unidades/periodo (4, 12).
9. La cantidad añadida al (restada del) nivel durante cada segmento de dos periodos corresponde al área debajo el cambio neto ("rate"): un triángulo con el área -+1/2 X 50 unidades/periodo X 2 periodos = +-50 unidades. Por lo tanto, el nivel máximo es de 150 unidades y el mínimo a 50.



El estanque de petróleo

El siguiente gráfico representa como un estanque de petróleo se esta llenando:



Por favor, lea las siguientes afirmaciones e indica si son verdaderas o falsas:

Afirmación	**Verdadera**	**Falsa**
1. El estanque se ha llenado hasta la altura de 200 cm		
2. El proceso de llenado duró 16 minutos		
3. En total, 200 litros se han depositado en el estanque.		
4. Después de 16 minutos, 200 litros se dejaron salir del estanque.		
5. El proceso de llenado duró 15 minutos		
6. La capacidad máxima del estanque es de 200 litros		
7. Después de 16 minutos, 3000 litros o más están en el estanque.		

Las reglas para el caso son:

1. Cuando la línea del *flujo* es encima de cero, el *flujo* neto (*flujo* entrante – *flujo* de salida) es positivo.
2. Cuando la línea del *flujo* es igual a cero, el flujo *neto* (*flujo* entrante – *flujo* de salida) es cero
3. Cuando el *flujo* neto es positivo, el **nivel** aumenta.
4. Cuando el *flujo* neto es cero, el **nivel** no cambia.
5. La pendiente de la línea del **nivel** corresponde a la distancia del *flujo* neto de cero.
6. Si el *flujo* neto es constante durante el periodo, entonces la línea del **nivel** es lineal (pendiente constante).
7. El cambio del **nivel** durante un periodo corresponde a la distancia del *flujo* neto de cero durante el mismo periodo
8. Cuando el *flujo* neto cambia de cero a positivo, el **nivel** empieza a crecer.
9. Cuando el *flujo* neto cambia de positivo a cero, el **nivel** deja de crecer.

Descripción del caso:

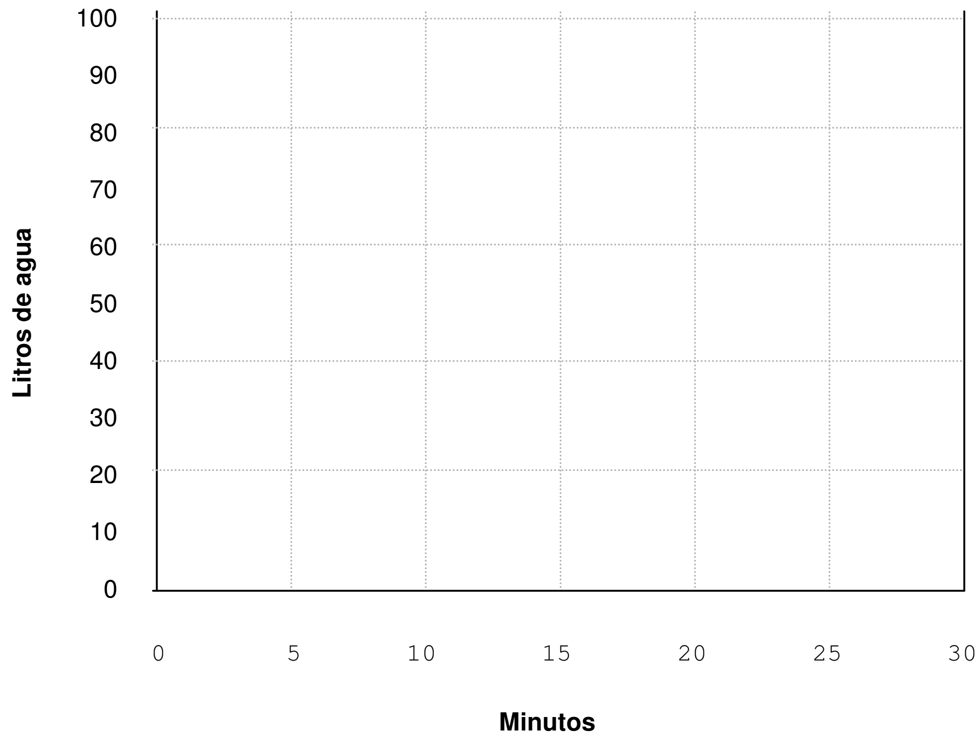
a) Durante el primer minuto, flujo neto = cero => se aplican reglas 2 y 4.
b) Durante los minutos 2 – 16 (es decir durante 15 minutos), el flujo neto es positivo (200) en cada minuto; se aplican reglas 1, 3, 7 y 8. Durante este tiempo, la pendiente del acumulador "estanque" es positiva, es decir se acumulan 15 X 200 litros, o bien 3.000 litros.
c) Durante los minutos 16 – 20, el flujo neto es nuevamente cero => se aplican reglas 2, 4 y 9.

Afirmación	**Verdadera**	**Falsa**
1. El estanque se ha llenado hasta la altura de 200 cm *Según b)*		X
2. El proceso de llenado duró 16 minutos *Según b)*		X
3. En total, 200 litros se han depositado en el estanque. *Según b)*		X
4. Después de 16 minutos, 200 litros se dejaron salir del estanque. *Según c)*		X
5. El proceso de llenado duró 15 minutos *Según b)*	X	
6. La capacidad máxima del estanque es de 200 litros *Nada que ver con el caso.*		X
7. Después de 16 minutos, 3000 litros o más están en el estanque. *Según b)*	X	

El baño del Sr. Pérez

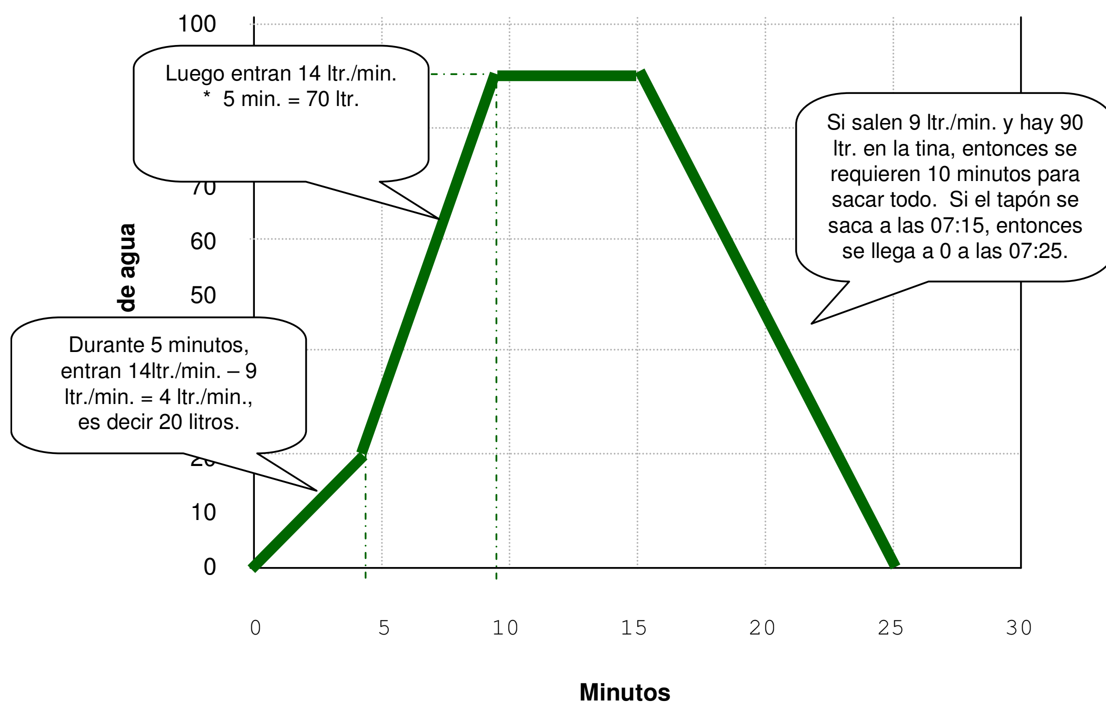
A exactamente 07:00, el señor Pérez abre la llave de agua de su tina vacía. Empiezan a entrar 14 litros por minuto. A 07:04, se da cuenta de que olvidó poner el tapón (que deja salir 9 litros por minuto). Lo pone, y sigue llenando la tina hasta las 07:09 (momento cuando cierra la llave de agua). Disfruta del baño hasta las 07:15; luego sale y saca el tapón para dejar el agua salir.

Dibuje el comportamiento aproximado de la cantidad de agua (en litros) en la tina sobre el periodo de tiempo descrito



La solución se apoya en las siguientes reglas:

1. Cuando la línea del *flujo* es encima de cero, el *flujo* neto (*flujo* entrante – *flujo* de salida) es positivo.
2. Cuando la línea del *flujo* es bajo de cero, el *flujo* neto (*flujo* entrante – *flujo* de salida) es negativo.
3. Cuando la línea del *flujo* es igual a cero, el flujo *neto* (*flujo* entrante – *flujo* de salida) es cero
4. Cuando el *flujo* neto es positivo, el **nivel** aumenta.
5. Cuando el *flujo* neto es negativo, el **nivel** disminuye.
6. La pendiente de la línea del **nivel** corresponde a la distancia del *flujo* neto de cero.
7. Si el *flujo* neto es constante durante el periodo, entonces la línea del **nivel** es lineal (pendiente constante).
8. Al inicio de cada periodo, la línea del **nivel** empieza en el punto donde terminó en el periodo previo; al inicio del primer periodo, está señalado por un punto.
9. Cuando el *flujo* neto cambia de positivo a negativo, el **nivel** registra un máximo local.
10. Cuando el **flujo** neto cambia de negativo a positivo, el **nivel** registra un mínimo local.
11. El cambio del **nivel** durante un periodo corresponde a la distancia del *flujo* neto de cero durante el mismo periodo
12. Cuando el *flujo* neto cambia de cero a positivo, el **nivel** empieza a crecer.
13. Cuando el *flujo* neto cambia de positivo a cero, el **nivel** deja de crecer.



Haciendo el punto

Resumen

Un modelo puede ser cuantitativo y representa la estructura de la situación que indagamos. Esta consiste de variables, que son de diferentes tipos: acumuladores, flujos y auxiliares. Las variables se miden en determinadas unidades de medida. Entre ellas hay vínculos de casualidad (con dirección y polaridad). Es importante comprender el significado del tiempo. El tiempo se organiza en momentos y periodos. Los acumuladores se refieren a momentos y los flujos se refieren a periodos.

Repitamos las reglas. Se proponen las siguientes reglas generales para distinguir flujos y niveles (RGD):

1) Si se refiere a una cantidad que se puede medir en un momento determinado, entonces es un nivel.
2) Si se refiere a una cantidad que se ha movido o cambiado durante un periodo, entonces es un flujo.

Las reglas generales para relacionar flujos y niveles (RGR) son:

1) Cuando el flujo es nulo, el nivel es constante.
2) Cuando el flujo es positivo y constante, el nivel del acumulador aumenta linealmente; el cambio del nivel es igual a la magnitud del flujo.
3) Cuando el flujo es negativo y constante, el nivel del acumulador disminuye linealmente; el cambio del nivel es igual a la magnitud del flujo.
4) Cuando el flujo es positivo y crece constantemente, el nivel del acumulador crece exponencialmente; el cambio del nivel es igual a la magnitud del flujo durante los respectivos periodos de tiempo distinguidos.
5) Cuando el flujo es negativo y disminuye constantemente, el nivel del acumulador disminuye exponencialmente; el cambio del nivel es igual a la magnitud del flujo durante los respectivos periodos de tiempo distinguidos.
6) Cuando el flujo cambia de positivo a negativo, la pendiente del cambio de nivel cambia entre positivo y negativo y entonces el nivel del acumulador se encuentra en un máximo local.
7) Cuando el flujo cambia de negativo a positivo, la pendiente del cambio de nivel cambia entre negativo y positivo y entonces el nivel del acumulador se encuentra en un mínimo local.
8) El nivel del acumulador no cambia entre el fin de un periodo y el inicio del periodo siguiente.

Bibliografía

Booth-Sweeney, L. and Sterman, JD., 2000. "Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory", *System Dynamics Review* 16(4): 249–286

Ossimitz, G., 2002. "Stock-Flow-Thinking and Reading stock-flow-related Graphs: An Empirical Investigation in Dynamic Thinking Abilities", 2002 *System Dynamics Conference*, Palermo, Italy (CD)

Kainz, D. and Ossimitz, G., 2002. "Can Students learn Stock-Flow-Thinking? An emprical Investigation". 2002 *Conference of the System Dynamics Society*, Palermo, Italy. (CD)

Schaffernicht, M., 2005. "Are you experienced? - A model of learning systems thinking skills" *Proceedings of the 23rd International System Dynamics Conference*, Boston, MA., 2005 (CD)

Schaffernicht, M., 2005. "Reconocer y estimar flujos y niveles: primeros resultados de un estudio empírico", *Actas del Tercer Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas,* Cartagena de Indias (Colombia), Noviembre 2005

Ensayo:
Comunicación verbal para inducir a pensar dinámico-sistémicamente

Fabián Szulanski

Director del Centro de Dinámica de Sistemas

Instituto Tecnológico de Buenos Aires

fabiansz@hotmail.com

Introducción

Es sabido que poseer la capacidad de pensar sistémicamente contribuye a fortalecer el criterio de toma de decisiones de las personas, a cualquier edad. Según diferentes autores, es conveniente empezar a brindar elementos de pensamiento sistémico desde una temprana edad, y continuar hasta el final de la formación académico-profesional, e incluso mas allá.

Por otro lado, el lenguaje diagramático utilizado en las diversas herramientas del pensamiento dinámico-sistémico muchas veces constituye una barrera de entrada que puede llegar a frustrar el avance del proceso de enseñanza-aprendizaje en las diferentes etapas evolutivas de la persona.

El autor del presente trabajo propone, y da el puntapié inicial, brindando algunos ejemplos, la utilización de un portfolio de palabras y frases clave dentro de la comunicación cotidiana (tanto en las preguntas realizadas como en las respuestas obtenidas en este proceso de comunicación) que vaya sensibilizando e induciendo a pensar sistémicamente. Este proceso puede ser utilizado independientemente, o en paralelo a la sensibilización sobre las demás herramientas del enfoque sistémico.

Estas palabras y frases clave deben ser adecuadas y adaptadas para cada nivel del proceso educativo y de la experticia profesional.

Taxonomía propuesta

Las siguientes son las clases de nociones y conceptos del pensamiento dinámico- sistémico que se propone sirvan como puntapié inicial para diseñar un portfolio de comunicación adecuado para sensibilizar e inducir a pensar sistémicamente:

Causalidad

Dirección
Intensidad
Polaridad

Retroalimentación

Demoras

De información
Demora Material

No linealidad

Dinámica

Dirección
Intensidad
Forma de la trayectoria

Estructura

Lazo
Acumulador
Flujo

A continuación se brindarán ejemplos de “moléculas de comunicación” para cada una de estas categorías.

Causalidad

Afecta o es afectado por – incide en – impacta en- afecta a – provoca o es provocado por – influye o es influido por…

Dirección: La anteriormente mencionada impacta en esta. Esta es impactada por la anterior.

Intensidad: muy débilmente – débilmente- poco – bastante – mucho – intensamente – muy intensamente

Polaridad: Lo que ocurre es que cuando esto se incrementa (disminuye), aquello disminuye (aumenta) – Ambas varían en el mismo sentido (en sentido contrario) – Las dos disminuyen – Las dos aumentan- También se utiliza crecer, decrecer.

Retroalimentación (entendida como feedback o trasporte de información)

Dicha información es útil para poder decidir… - Es necesario conocer

Demoras
Luego de un cierto tiempo – Todo toma su tiempo – Nada ocurre instantáneamente – Primero ocurrirá aquello y luego esto otro -

De información: Decidimos en base a lo que percibimos, y formar nuestra opinión toma tiempo – Tomamos decisiones filtrando información del mundo real – Observamos, planeamos, esperamos, tememos, reportamos…todas estas acciones llevan su tiempo – Todo depende del cristal con que se mire, y toma tiempo darse cuenta.

Demora Material: Cuidemos nuestros recursos – Evitemos la extinción de… - Hagamos que lo que tenemos nos dure más tiempo.

No linealidad

No es proporcional – Esa mínima acción produce un enorme impacto en… - Por más que nos esforcemos, es difícil cambiar la actitud de esa persona – A partir de un cierto nivel de esfuerzo, comienza a hacerse sentir un efecto

Dinámica

Cambio – Variación – Recorrido – Movimiento – No es fijo – Turbulencias – Caos – Aparente estabilidad

Dirección: Crece, sube, aumenta, se infla – Decrece, baja, disminuye, se desinfla, se agota

Intensidad: muy leve – leve – apenas – algo – bastante – medianamente intensa – intensa – bastante intensa – muy intensa – enorme

Forma de la trayectoria: Lineal – Recta – Plana – Empinada – Oscila – Se suaviza gradualmente- Se suaviza rápidamente - Crece rápidamente – Oscila y luego se calma – Primero crece rápidamente y luego llega a su techo – Encuentra su límite – Se ajusta a lo estimado -

Estructura

Qué origina ese comportamiento? – Porque? Porque? Porque? – Qué elementos estan interactuando? -

Lazo: Proceso de crecimiento (de ajuste) – Homeóstasis – Crece exponencialmente- Las dos variables oscilan- La variable se ajusta a un cierto valor- Nada puede crecer para siempre (limites al crecimiento).

Acumulador: Se junta – Se acumula- Cual es tu principal recurso? – Que etapas tiene tu proceso? – Que percibes? – Qué filtros crees que tienen tus decisiones? – Recurso – Recurso estratégico – Qué es lo más importante?

Flujo: Que provoca que ese recurso se agote (incremente)? – Cuales son tus actividades principales? – Cuales son las acciones correctivas que sueles utilizar? -

Conclusiones y oportunidades futuras

Se ha presentado una taxonomía de conceptos que pueden ser verbalizados, comunicados y aprehendidos con mayor facilidad que las herramientas clásicas del pensamiento dinámico-sistémico.

Se ha provisto de algunos ejemplos para cada uno de los conceptos y sus sub-conceptos asociados.

El autor espera que el sensibilizar a la comunidad de dinamistas a utilizar frases y preguntas que induzcan a pensar de manera dinámico-sistémica, se constituya en el puntapié inicial de una posible creación colectiva que extienda el portfolio de conceptos (agregando arquetipos sistémicos, por ejemplo) e incremente la cantidad de ejemplos para cada concepto, de manera tal de contar con un bagaje comunicacional que sea de suma utilidad para apalancar el pensamiento de nuestros interlocutores no sensibilizados a nuestra disciplina y metodología.

EXPERIMENTOS DE LABORATORIO EN DINÁMICA DE SISTEMAS

SANTIAGO ARANGO PhD
Profesor asistente
saarango@unalmed.edu.co

Grupo de Sistemas e Informática
Centro en Complejidad - CeiBA
Universidad Nacional de Colombia
Cra 80 #65-223, M8a-211
Medellín, Colombia
Tel. +574 4255350 Fax. +574 2341002

ERLING MOXNES PhD
Professor
erling.moxnes@geog.uib.noedu.no

Department of Geography
University of Bergen
PB 7800, N-5020 Bergen, Norway
Tel. +47 5558 4119

1 INTRODUCCIÓN

La economía experimental es una rama de la economía que aplica experimentos de laboratorio para estudiar el comportamiento en la toma de decisiones de sujetos humanos motivados económicamente en un ambiente controlado. la experimentación en laboratorios se convierte entonces, en una fuente de evidencia empírica para el soporte de las teorías, en aspectos como mercados financieros, organización industrial, preferencia de los consumidores, etc. El desarrollo de la economía experimental ha hecho posible la realización de pruebas directas de las suposiciones básicas de comportamiento y las pruebas de hipótesis en ambientes controlados. De la misma forma como ingenieros han comprobado muchos de sus inventos usando laboratorios como túneles de viento, de esta manera la economía experimental y simulación se han conversito en el "Túnel de Viento" para los mercados (Miller, 2002) y una de las metodologías más modernas para evaluar el diseño de mercados. (Friedman and Sunder, 1994).

El uso de laboratorios experimentales son ampliamente usados en ciencia y tecnología; y han sido utilizados también en el campo de la psicología, con diferentes métodos, por más de un siglo en el estudio del comportamiento humano. A través de los experimentos de laboratorio podemos comprender mejor fenómenos de comportamiento humano, que de otra manera sería muy complejo de entender en sistemas reales. A través de experimentos controlados, es posible detectar posibles errores en instituciones y diseños de diferentes sistemas donde los humanos interactúan en etapas tempranas; de la misma manera que se la tecnología requiere pasar ciertas pruebas de laboratorio antes de su introducción al mercado. La dinámica de sistemas ha estado al tanto en la aplicación de los métodos experimentales. Estos han sido utilizados para construcción de teorías a partir del comportamiento en experimentos de laboratorio y para la verificación y estimación de la racionalidad en la toma de decisiones en los modelos formales.

Similar a cualquier modelo, los experimentos de laboratorio son modelos simplificados de la realidad. La utilidad de un modelo no se mide por el grado de similitud que tiene con la realidad, sino de acuerdo con su capacidad para mejorar la comprensión de cierta parte de la realidad. En contraste con la economía neoclásica y la dinámica de sistemas tradicional, los experimentos de laboratorios no permiten la imposición de los supuestos

comportamentales. Al contrario, los experimentos permites la observación directa del comportamiento de los agentes en un ambiente de toma de decisiones definido por las reglas, instituciones y restricciones del sistema.

En este capítulo se buscar guiar al lector a través de los conceptos y elementos básicos de los experimentos de laboratorio en ambientes dinámicos, enfocados a su aplicación en dinámica de sistemas. Se presenta una breve reseña histórica de la experimentación en la ciencia. Luego, se plantean los elementos principales de un experimento de laboratorio. En la sección 4, se muestran los principios teóricos de los laboratorios de experimentos, donde se consideran diferentes propósitos de los experimentos, la teoría del valor inducido y el concepto de paralelismo. La sección 5 muestra cómo se diseña un experimento, que tipo de análisis se puede llevar a cabo con los resultados y se explica cómo es el proceso completo de un experimento de laboratorio. La sección 6 presenta algunos resultados desde el dominio de experimentos en ambientes dinámicos y complejos, desde el campo de la economía, la psicología y la dinámica de sistemas. Para terminar, se motiva la necesidad de la experimentación en ambientes dinámicos y complejos.

2 BREVE HISTORIA DE LA EXPERIMENTACIÓN

Experimentación en la ciencia no ha sido una tradición en la antigüedad. De hecho, en los tiempos de Aristóteles, hace más de 2000 años, ni siquiera la física se consideraba como inherentemente experimental (Friedman and Sunder, 1994). Fue en el siglo XVII, cuando Galileo y Bacon comenzaron con la tradición de los experimentos controlados. Inicialmente con física y la derivación de sus leyes fundamentales, seguido por química donde se estudiaba la materia muerta. En el siglo XIX, se transformó la visión de biología donde se establecía que la biología era inherentemente no experimental por tratarse de organismos viviente (Friedman and Sunder, 1994), pero Mendel y Pasteur lo hicieron posible. Hoy en día la biología moderna se ha convertido en una ciencia experimental. En el siglo XX, hasta la psicología ha evolucionado para el desarrollo dentro de una tradición experimental, comenzando con experimento con animales y luego con personas.

Después de mucho tiempo, se logró establecer la economía como una ciencia experimental (Friedman and Sunder, 1994). Hoy en día son populares los trabajos experimentales Veron Smith, Charles Plott, Reinhard, entro muchos otros que se han desarrollado desde mediados del siglo XX. Tanto ha sido, que el trabajo de V. Smith ha sido reconocido con un premio Novel, además de tener influenciales publicaciones en los más reconocidos journals de economía y de contar con un journal exclusivamente para la economía experimental. De esta manera, la dinámica de sistemas no se ha quedado fuera del proceso de inclusión de la experimentación para el perfeccionamiento de la ciencia, donde el uso de simuladores o micromundos han siglo claves para este desarrollo.

3 ¿QUÉ ES UN EXPERIMENTO DE LABORATORIO?

Cuando hablamos de un experimento de laboratorio en la toma de decisiones, nos referimos a la realización de experimentos controlados de decisiones realizadas por

sujetos humanos. Los experimentos de laboratorios poseen 3 elementos básicos: Un objetivo (pago), un conjunto de restricciones (descripción del sistema, reglas de comportamiento) y el comportamiento de los participantes (decisiones). En este ambiente, el experimentador controla el *objetivo* y las *restricciones*, para observar el *comportamiento*.

Para una mejor comprensión, tomemos como ejemplo el experimento de control de las emisiones totales globales de CO2 para alcanzar una meta dad para la concentración atmosférica de CO2 de Moxnes y Saysel (2007). En este experimento, *objetivo* es lograr un error acumulado lo menor posible, entendiendo el error como la diferencias entre el nivel de CO2 (concentración) en la atmósfera y la meta de CO2 deseado; el sistema/restricciones es representado a través del esquema de niveles y flujos de la figura en donde la concentración de CO2 en la atmósfera (nivel) se incrementa según las emisiones y se disminuye a través de la absorción de la superficie terrestre; finalmente, el comportamiento se observa a través de las decisiones de emisiones que son función de la meta y la medición de concentración de CO2.

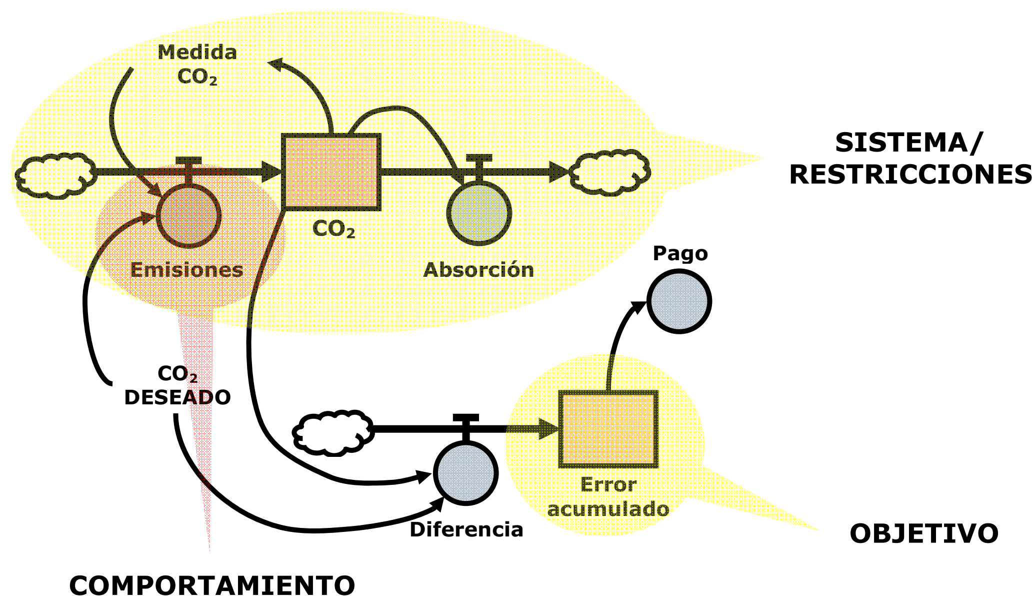


Figura 1. Ejemplo de un experimento básico y sus componentes en dinámica de sistemas

Objetivo

Los supuestos más críticos, tanto en modelos económicos como en modelos de DS, son el comportamiento. En experimentos de laboratorio se asume que los individuos participantes del experimento son representativos de tomadores de decisiones en el mundo real. Para esto se utilizan *incentivos*, como un instrumento crucial para inducir el comportamiento representativo de los sujetos. Por medio del objetivo del juego se trata de reforzar el logro de ciertos objetivos para tener un mejor control del experimento. Sin un objetivo, el experimento se convierte en un "juego de role" donde los participantes toman cualquier decisión con objetivos particulares y no el deseado según el diseño del experimento. Para reforzar el objetivo se trabaja generalmente con un *pago*, el cuál es generalmente dinero en efectivo superior al costo de oportunidad de los participantes.

Sistema/restricciones
Esta es la representación o descripción del ambiente en el cuál se mueve los sujetos. El sistema y restricción son el conjunto de las reglas de qué cosas puede hacer el sujeto y cuáles no, qué tipo de instituciones hay modeladas, el nivel de competencia entre otras. En ocasiones el sistema y el modelo que se representa son muy detallados y en otras ocasiones es una representación mínima de las teorías. El propósito del experimento determina este nivel de detalle, similar a la construcción de modelos.

Comportamiento
La última componente del un experimento de laboratorio en la toma de decisiones es el comportamiento de los sujetos. Este es básicamente el conjunto de decisiones realizadas que dan información acerca de las preferencias desconocidas de los sujetos.

La idea básica con un experimento de laboratorio es que el experimentador controla tanto el *objetivo* como el *sistema/restricciones* para observar el *comportamiento*. Esto es, un experimento se diseña para responder a preguntas específicas a través del análisis del comportamiento, a la luz del objetivo y de las restricciones.

Experimentos de laboratorio para la toma de decisiones tiene diversas ramas. Estos experimentos han sido utilizados en campos del conocimiento como la psicología, la economía, modelamiento, etc. ¿Cómo pueden ayudar los experimentos de laboratorio a la dinámica de sistemas? La respuesta está la misma creciente literatura en diferentes campos desde la dinámica de sistema, donde los trabajos más destacados son las publicaciones de Jhon Sterman del MIT (Sterman, 1987, 1989a, 1989b, 1989c, Sterman y Sweeney, 2000, 2002, 2007; Diehl y Sterman, 1995; Kampmann y Sterman, 1998; Paich y Sterman, 1993), y de Erling Moxnes de la University of Bergen, Noruega (Moxnes, 1998a, 1998b; Moxnes, 2000; Moxnes, 2004; Moxnes y Heijden, 2003; Arango y Moxnes, 2007; Moxnes y Saysel, 2007; Brekke y Moxnes, 2003; Moxnes et al 2001). En los resultados observados, se puede generalizar que la experimentación con sujetos reales para dinámica de sistemas nos permite una mejor comprensión del problema, a través de una mejor comprensión del "cliente", donde el cliente es la representación de los tomadores de decisiones en el sistema, cómo se muestra en la Figura 2.

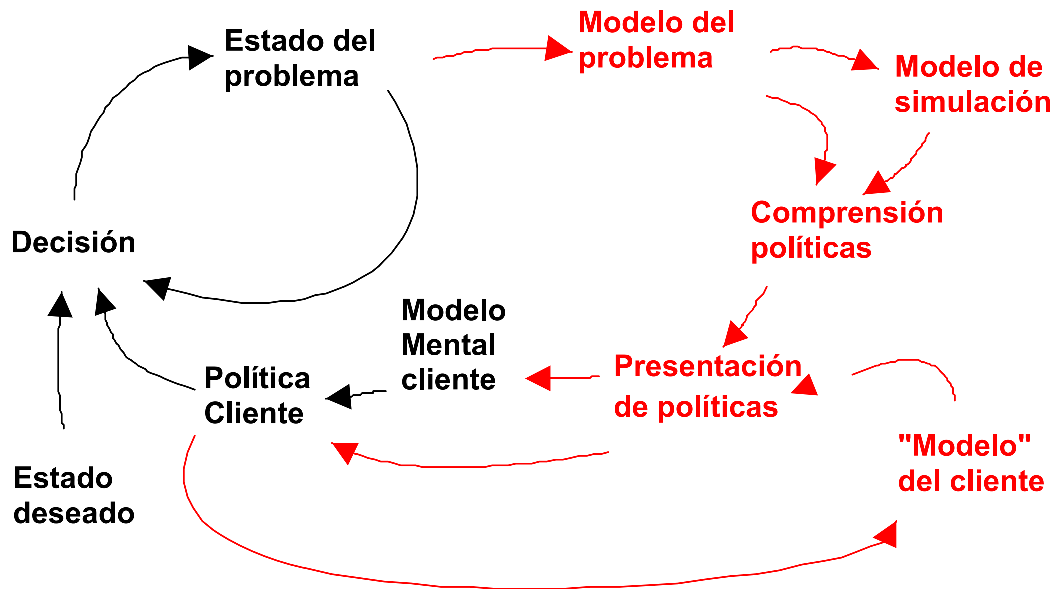


Figura 2. Relación entre el cliente y el modelador, no es un diagrama causal formal (Fuente: adaptado de Moxnes, 2004)

En la Figura 2 ayuda a comprender el role de experimentación dentro del proceso de modelamiento como lo ilustra Moxnes (2004). Asumiendo que los clientes son los tomadores de decisiones, sus decisiones tienen realimentación del estado del sistema. El analista (modelador o experimentador) puede únicamente influenciar al decisor a través de información. La información que el analista provee proviene normalmente del proceso de construcción y simulación de un modelo basado en un problema; y el presenta los resultados de simulación de diferentes políticas sin explicaciones adicionales. Sin embargo, los clientes no van a cambiar sus propios juicios por fórmulas de "caja negra", ya que los clientes son escépticos a los analistas particularmente cuando se aconsejan políticas divergentes. Por esta razón, lo mejor sería presentar información que influencie directamente el modelo mental del decisor, y para esto sería ideal "modelar" el modelo mental del cliente, información que se podría capturar a través de experimentos de laboratorio.

4 PRINCIPIOS DE LOS LABORATORIOS DE EXPERIMENTOS

4.1 PROPÓSITO DE LOS EXPERIMENTOS

Un experimentador tiene un conjunto muy amplio de diferentes propósitos para hacer experimento, de hecho, los experimentos reportados de laboratorios en toma de decisiones así lo evidencian. La mejor manera para hacer (diseño, realizar y analizar) un experimento depende del propósito, similar a la construcción de modelos en dinámica de sistemas. A continuación se presentan algunos tipos de los propósitos de los experimentos de laboratorio más relevantes en dinámica de sistemas.

Pruebas directa de teoría
El carácter científico de la experimentación que es la forma estándar de probar teorías. Esto es, se busca la realización de pruebas de hipótesis a partir de lo que las teorías existentes dicen. Para esto se realizan experimentos que mejoran la teoría, o se contrastan diferentes hipótesis opuestas o se pueden comprobar lo límites a las teorías. De particular interés para dinámica de sistemas, está toda la teoría de mis-percepción de sistemas dinámicos complejos (Sterman, 1989a), donde se mira como las personas no tienen una representación mental apropiada acerca del funcionamiento de sistemas dinámicos complejos.

Búsqueda de reglas de decisión
Uno de los propósitos de los experimentos de laboratorio, de interés para dinámica de sistemas, es cómo estos pueden ser usados para confirmar (o rechazar) las reglas de decisiones utilizadas en los modelos de simulación. Este tipo de experimentación es de particular interés cuando se tiene sistemas grandes como industrias o macroeconomía. Algunos experimentos son la estimación de la inversión de capital en un modelo simple macroeconómico (Sterman, 1987), o la estimación de reglas de inversión en un mercado eléctrico simplificado (Arango, 2006). Este tipo de propósito es en cierto sentido menos ambicioso que las pruebas a teorías y más práctico y exploratorio.

Recolección de información para influenciar decisiones
Se han hecho algunos experimentos para persuadir autoridades a cierta toma de decisiones, por ejemplo para evidenciar situaciones de monopolio (Grether y Plott, 1984), para mejorar diseño de mercados como los certificados de energía verde en Noruega (Vogstad et al, 2005) o mercados eléctricos (Rassenti *et al* 2002, 2003). También se han realizado experimentos para influenciar decisiones respecto a consumidores y el análisis de preferencias reveladas, votantes, etc.

Pruebas de alternativas pedagógicas (Micromundos)
Los experimentos de laboratorio también se realizan teniendo como propósito probar herramientas como los Micromundos o Simuladores de vuelo. Este tipo de experimentación busca mirar la efectividad de los micromundos u otras herramientas en la toma de decisiones y medir el aprendizaje. Se recomienda mirar el capítulo de Dyner et al en este libro.

4.2 TEORÍA DEL VALOR INDUCIDO

La idea básica de la teoría del valor inducido (Smith, 1979) es la utilización de un incentivo como medio que permita al experimentador inducir características específicas en los sujetos participantes de los experimentos (Friedman y Sunder, 2004). El incentivo es el pago que reciben los participantes como instrumento para inducir cierto comportamiento. Los sujetos reciben un pago de acuerdo a su despeño respecto al objetivo, definido por las reglas del experimento. De esta manera se busca que las características particulares de los sujetos se vuelvan irrelevantes. Así, se buscar inducir el comportamiento en los sujetos a obtener el objetivo del experimento y de esta manera encontrar la función de preferencias de los sujetos.

Denotemos la función de preferencias de los sujetos como *U(m,z)* donde *m* es el pago y *z* con otros factores. Se tienen los siguientes preceptos para el comportamiento:

Monotonía
Los sujetos siempre prefieren mas pago sin llegar a estar totalmente saciados. Esto es que $dU/dm>0$, lo cual significa que la derivada parcial de *U* existe y es positive para toda posible combinación de *m* y *z*. Esta condición se satisface normalmente utilizando moneda local.

Claridad (salience)
Los sujetos tienen que comprender apropiadamente las reglas del experimento saber perfectamente cómo pueden incrementar su pago. Un incremento en su pago Δm, depende de sus acciones tal cómo está definido en las reglas. Esto significa que si se pagan 10000 pesos colombianos sólo por participar no es claro porque no depende de sus acciones.

Dominancia
El pago por el experimento tiene que ser el factor dominante en el comportamiento y no debe haber influencia de otros factores externos. Esto es que *m* debe dominar sobre los factores no conocidos *z*. Esta situación ha sido cuestionada; pero sería también una pregunta interesante para la toma de decisiones en el mundo real. Esto se logra por medio de la privacidad del experimento, donde los sujetos no conocen ni el pago de los otros sujetos, ni el propósito del experimento ni los valores del experimentador.

Estos requerimientos poseen ciertas implicaciones sobre la escogencia y el diseño del experimento (Vogstad et al, 2005). Primero, el dinero es más conveniente que una malteada (monotonía). Segundo, las limitaciones cognitivas de los sujetos limitan la complejidad del experimento, lo que implica que un experimento con demasiado nivel de detalle puede entrar en conflicto con el requerimiento de claridad. Tercero, el pago debe ser lo suficientemente grande para dominar los otros factores. Típicamente, estudiantes de pregrado y de maestría son mejores que profesores y estudiantes de PhD, ya que estos tienen la tendencia a explorar las teorías que podrían dominar el comportamiento y no enfocarse en el objetivo del experimento.

4.3 PARALELISMO

La validación externa de los experimentos ha sido criticada, particularmente por economistas, donde se dice que los resultados no son representativos de la vida real con diferentes argumentos (Friedman y Sunder, 1994). Este tipo de escepticismos al empirismo de la experimentación se presenta desde Galileo. A Galileo se le cuestionaba que el movimiento pendular no era una adecuada representación para el estudio del movimiento planetario. De la misma manera se han la validación externa de la experimentación con ratas y su paralelismo con los seres humanos. Para remover este escepticismo a los experimentos de laboratorio, en particular para experimentos en la toma de decisiones, se utiliza el principio de *inducción* (Friedman y Sunder, 1994).

El principio general de inducción dice que las regularidades comportamentales persisten en nuevas situaciones, siempre y cuando las condiciones fundamentales sean similares

(Smith, 1982). El planteamiento de una teoría particular define, en principio, cuales son las condiciones fundamentales para la aplicación de dicha teoría. El principio de inducción lo llama V. Smith como el precepto de *paralelismo*. Un escéptico de un experimento debería mostrar claramente la diferencia con el mundo real, esta situación podría llevar a un nuevo experimento que muestre el efecto de dicha diferencia. De esta manera, las criticas deber ser usadas para promover investigación constructiva en vez de discusiones estériles (Friedman y Sunder, 1994).

Una de las virtudes de los experimentos es precisamente su simplicidad y potencial de control sobre diferentes variables. Esta virtud es de particular interés con estudios de campo donde hay mucho ruido involucrado. Un experimento claramente no es la realidad, los experimentos son mucho más simples que la realidad. Sin embargo, los experimentos son procesos reales en el sentido que ocurren con sujetos reales con ganancias reales conseguidas con reglas para conseguir ganancias. Esta realidad de los experimentos es lo que los hace interesantes y le dan validación externa (Plott, 1982).

La pregunta es entonces ¿Qué debería ser similar a la realidad en un experimento? La respuesta la da el propósito del experimento, la estructura del experimento puede ser tan similar o tan mínima dependiendo de objetivo del experimento, de la siguiente manera:

Estructura exacta
Se utiliza una estructura exacta de la situación real para generar el mismo, o similar, comportamiento al observado en el campo. Esto se podría utilizar para hacer réplicas y obtener más información.

Estructura mínima
La minimización de la estructura de los experimentos de laboratorio se utiliza para capturar lo básico de comportamiento, útil para probar teorías o para el análisis de herramientas pedagógicas.

Estructura parcialmente "mala"
Una estructura parcialmente "mala" se utiliza normalmente para probar los límites de las teorías, para desarrollar hipótesis alternativas o en situaciones donde se busque hacer pruebas de extremos. Sería como hacer pruebas a una aspiradora con plumas y con clavos; así no sea el funcionamiento normal de la aspiradora, permite mirar el funcionamiento en condiciones extremas.

Estructura aproximadamente exacta
Puede ser muy útil cuando un fenómeno no puede ser observado directamente en el campo, por ejemplo para estudiar la hipótesis de mis-percepción de dinámica o manejo de recursos renovable. También utilizado para experimentos de predicción, por ejemplo para estudiar el comportamiento del consumidor y preferencias reveladas.

El análisis de la validación externa va más allá de la estructura del experimento. Es necesario saber qué información se presenta, cómo se presenta, que tipos de tareas tiene, entre otras. Entre los economistas y psicólogos se ha venido trabajando en la validación externa de los experimentos de laboratorio, con algunas regularidades en los resultados como las siguientes:

- Mayores pagos frecuentemente posees un efecto modesto. Sin embargo, mayores pagos efectivamente incrementa el precepto de dominancia y esfuerzo de los participantes haciendo una reducción en la variación en los resultados y reducción en la experimentación y aprendizaje.
- Profesionales *algunas veces* lo hacen mejor. Esta afirmación depende del problema. En ocasiones se puede observar que los profesionales tergiversan las instrucciones al asumir cosas a las que están acostumbrados; también pueden confundirse por la falta de detalles.
- La presentación importa. El desempeño de los participantes varían ante diferentes formas de presentar el mismo problema, por ejemplo, presentar cambios parciales o totales puede ser similar pero conlleva a diferentes resultados.
- Muy frecuentemente, experimentos dan muy buenas predicciones de fenómenos reales. Algunos ejemplos están en aplicaciones de políticas (Plott, 1986), burbujas especulativas en los mercados (Paich y Sterman, 1993; Smith et al, 1988), sobre inversión y sobre utilización de recursos renovables (Moxnes), ciclos en comodities (Arango, 2006) y en mercados eléctricos (Arango y Moxnes, 2007), entre otros.
- Efectos de mis-percepciones pueden desaparecer en mercados (Smith, 1982b. Mercados han mostrado típicamente desviaciones pequeñas del equilibrio, debido básicamente al efecto de ciclos de realimentación de balance.

5 DISEÑO, REALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS DE LABORATORIOS

5.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS DE LABORATORIO

El diseño del experimento depende del propósito. El propósito del experimento le ayudará a definir las variables claves y las variables sin interés que se pueden controlar. Los ingredientes básicos para el diseño de un experimento es el manejo de las variables de control y el ruido, por lo tanto es necesario hacer un apropiado diseño de diferentes casos (si es necesario) para un experimento exitoso. En control puede ser directo, indirecto, u otras formas según el propósito del experimento. A continuación se presenta una descripción de diseños alternativos según Friedman y Sunder (1994).

Los resultados de los experimentos son función de las variables de control y del ruido. El experimentador puede seleccionar parámetros, reglas de comportamiento, selección población de sujetos, y realizar así un control de las variables importantes. Al tener diferentes variaciones de las variables de control, cada uno se conoce como *casos* (treatments), haciendo referencia al término médico de casos de estudio. Se debe buscar un balance con el número de casos, entre mas control de las variables se tenga será más simple y barato; pero se puede aprender menos. Esta selección es la clave para un buen diseño de experimentos.

La lógica es general: cambie todas las variables de control independientemente para obtener la forma más clara de evidencia de sus efectos (Friedman y Sunder, 1994). Por ejemplo, suponga que seleccionamos dos variables de control, el número de participantes pequeño (P) y grande (G), y la elasticidad de la demanda elástica (E) e

Inelástica (I). A pesar de tener control sobre todas las variables, es posible crear casos que causan confusión. Como se muestra en la Figura 3, a pesar de tener control sobre las variables, se pueden tener casos donde pueda ser confuso el análisis.

Caso confuso

	E	I
P	Observación P-E	Sin observaciones
G	Sin observaciones	Observación G-I

Caso independiente

	E	I
P	Observación P-E	Observación P-I
G	Observación G-E	Observación G-I

Figura 3. Variación independiente de los casos (Adaptado de Friedman y Sunder 1994)

Existen algunas variables imposibles de controlar, que son fuente de incertidumbre sobre los experimentos. Un ejemplo es el clima en un sistema eléctrico dependiente de la componente hidráulica y/o eólica, o en un sistema de producción agrícola. Otro ejemplo puede ser cambios en expectativas diferentes de los participantes en el experimento. Estos disturbios son simplemente incontrolables y, muchas veces, hasta inobservables.

El problema radica en que estas variables pueden causar errores de inferencias si se confunden con las variables de control. La idea es evitar al máximo que se saquen conclusiones a partir de las variables de control, cuando la causa real sea este tipo de incertidumbre. Para evitar esto se propone también independencia entre las variables de control, y por medio de la randomización y un adecuado tamaño muestral. Se recomienda entonces evitar la covarianza entre los casos y las variables bajo incertidumbre. En particular para la reducción del efecto del potencial ruido, puede ser apropiado incrementar el número de sujetos, medir de alguna manera la incertidumbre y hacer un adecuado diseño experimental.

El control y diseño de los experimentos también se realiza mediante diferentes formas de utilizar los sujetos. El ejemplo clásico es el experimento del zapato ilustrado por Friedman y Sunder (2004) y disponible también en Box *et al* (1978), cuya idea es mirar si el nuevo material para la suela dura más que el material anterior. En este ejemplo la variable foco es el material de la suela con dos posibles estados: nuevo y viejo. La medición del uso de prendas de vestir varía sobre todo cuando hay hábitos diferentes entre los sujetos, donde algunos pueden ser amantes del videojuego y otros pueden utilizar los zapatos para frenar en la bicicleta. Esta es una variable de incertidumbre, cuyo manejo debe ser apropiado desde el diseño. Para este caso, un buen experimentador tendría en cuenta una buena disposición de los sujetos: se asigna un par de zapatos a todos los sujetos, uno con suela de material nuevo y la otra con suela de material viejo; adicional, una asignación aleatorio reduce la incertidumbre de aspectos como, por ejemplo, la posibilidad que aquellos que frenan la bicicleta con los zapatos sean mayoritariamente izquierdos.

Otra forma de realizar los experimentos es el llamado diseño factorial (Friedman y Sunder, 2004). En este, la idea básica es lograr todos los casos posibles de las variables de control el mismo número de veces.

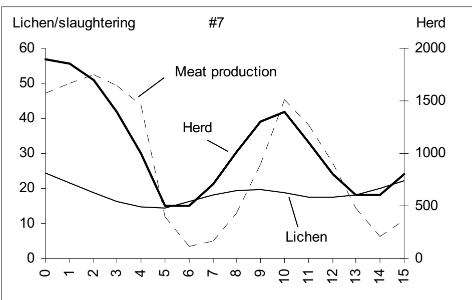
Adicional al diseño de casos y tratamiento de la incertidumbre, se recomienda el uso de términos y descripciones neutrales para evitar situaciones como juego de role, confusión con datos reales, reglas de decisión existentes, normas, hábitos, no sobrecarga de palabras. Adicionalmente, es necesario contar con la infraestructura básica y el material para el experimento, bien sea computacional o manual.

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados es el proceso mediante el cual se convierte la información primaria en diferentes formas, de manera que se encuentre lo que le información tenga para decir; es decir, es un proceso de interrogación a la información. En esta sección, presentamos brevemente las técnicas fundamentales para el análisis de información como resultados de experimentos de laboratorio. Esta presentación es básica para experimentos dentro del campo de la dinámica de sistemas, donde se contempla una descripción general, inferencia estadística y estimación y pruebas de reglas de decisión.

Descripción general

La descripción general de los permite hacer una revisión general acerca de la información que se tiene. Mediante este paso en el análisis, se busca revisar posibles errores en los datos (ej. valores negativos a pesar de una restricción de no negatividad, valores de error del computador como 999999 o NAN, etc.) y formular una guía para el subsiguiente análisis cualitativo de la información. Para la descripción general, se utilizan tanto representación de los datos en formal tabular como gráfica. Estas permiten dar una fácil visión general de los resultados del experimento.



	Electricity Market Prices		
	$\overline{X}$ ($)	S ($)	α
Group 1	1.04	0.43	0.95
Group 2	1.05	0.37	0.86
Group 3	1.19	0.43	0.84
Group 4	1.29	0.36	0.93
Group 5	1.07	0.75	0.90
Group 6	1.15	0.44	0.87
Average	**1.12**	**0.47**	**0.89**

* $\overline{X}$ **: mean price;** S **: standard deviation;** α **: one lag autocorrelation.**

Figura 4. Ejemplos de presentación gráfica y tabular en la presentación de resultados.

Inferencia estadística

La idea fundamente de la aplicación de la estadística a los resultados de experimentos de laboratorio es básicamente la medición de algo y la realización de pruebas de hipótesis que nos permitan demostrar las teorías planteadas. En esta fase se hacen las pruebas formales estadísticas o inferencia. Para dinámica de sistemas en particular, la inferencia estadística se utiliza principalmente para la comparación de casos y para la estimación de reglas de decisión en el tiempo. Las pruebas estadísticas en general nos permiten responder a preguntas de tipo ¿el caso X afecta el resultado Y?, por ejemplo, ¿un retardo adicional podría afectar la estabilidad en el Teorema de Cobweb?

Existen imperfecciones en el conjunto de las observaciones de laboratorio, dado que normalmente se tienen diferentes observaciones en una réplica. Esto son los errores

experimentales. Normalmente los errores experimentales dependen de la medición y de la muestra. La medición lleva a valores que no son exactamente los reales. Para los errores muestrales, donde se deben considerar aspectos tales como la muestra objetivo, el tamaño, etc.

Para la realización de pruebas de hipótesis, se debe considerar cómo es la muestra. Si se realiza con la población total, no sería necesario hacer pruebas estadísticas (asumiendo medición perfecta); pero si se tiene una muestra, es necesario seleccionar adecuadamente los indicadores, platear la hipótesis nula y determinar si con cierta incertidumbre (nivel de confianza) si es posible rechazar o no la hipótesis nula. La representación formal de una prueba de hipótesis es

$$H_0 : \beta = b$$
$$H_1 : \beta \neq b$$

Donde H_o es la hipótesis nula y H_1 es la hipótesis alternativa. De esta manera, la distribución alrededor de β (hipótesis para la población) es sugerido por cómo el estimador de *b* se distribuye (depende de cómo *b* es obtenido, por ejemplo, si *b* viene de una distribución normal y desviación estándar desde las observaciones). Se dice que NO SE RECHAZA si *b* cae en el rango $\beta_L < b < \beta_S$, donde los valores críticos son determinados por los $P[\beta_L < b < \beta_S] = 1 - a$, siendo a el nivel de significancia. SE RECHAZA si *b* cae fuera del rango. El intervalo de confianza para una distribución normal se muestra en la Figura 5. Vale la pena anotar tener las precauciones al sacar conclusiones desde la prueba de hipótesis. Para ser contundente en un resultado, el analista tiene que estar razonablemente seguro que una desviación en las conclusiones respecto a la hipótesis no sea causada por una muestra no representativa.

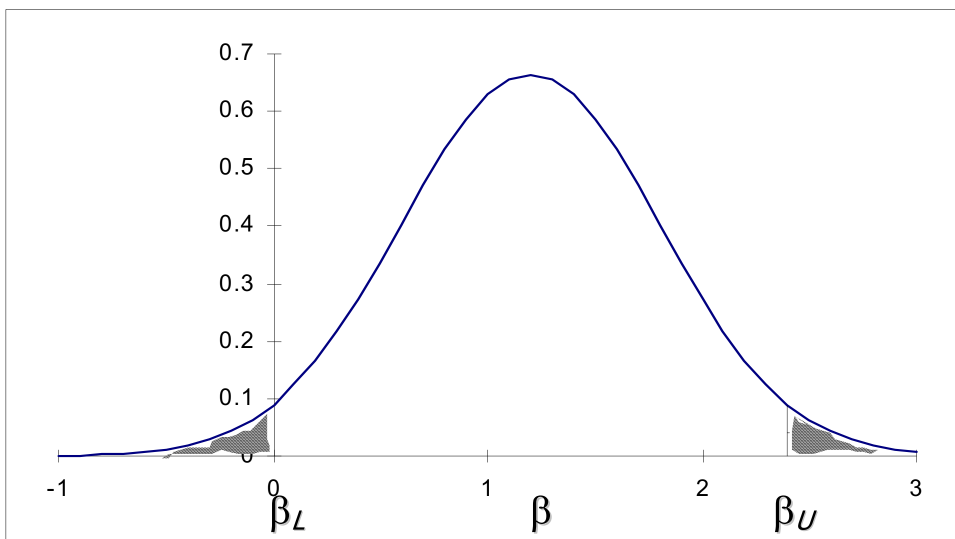


Figura 5. Intervalo de confianza para pruebas de hipótesis con distribución normal.

Para mayor profundización sobre la inferencia estadística se recomienda revisar los textos clásicos de estadísticas (por ejemplo, Walpole *et al* 1985), o mirar las

aproximaciones en ya clásicos de economía experimental (Friedman y Sunder, 1994; Davis y Holt, 1993; Kagel y Roth, 1995; Friedman, 2004)

Simulación para exploración de reglas de decisiones

Los experimentos de laboratorios en dinámica de sistemas son normalmente utilizados para estudiar el comportamiento de las personas en ambientes dinámicos, de manera que la experimentación permita estimar y validar lo supuestos acerca de la racionalidad en la toma de decisiones en los modelos. Para el análisis de resultados se plantea entonces la simulación de las reglas de decisión estimadas por métodos estadísticos dentro del modelo desarrollado. Por ejemplo, en la Figura 6 se observa el caso de diferentes funciones de inversión estimadas con datos experimentales, comparada con datos asumiendo cierta racionalidad en la toma de decisiones (Arango y Moxnes, 2007).

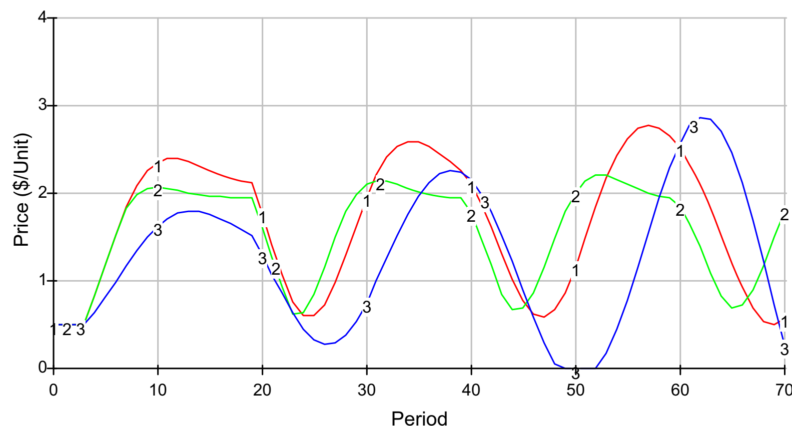


Figura 6. Ejemplo de simulación con diferentes parámetros (líneas 1 y 2) vs resultados experimentales en un experimento de ciclos de mercados eléctricos (Fuente: Arango y Moxnes, 2007).

5.3 EL PROCESOS DE LA REALIZACIÓN DE EXPERIMENTOS DE LABORATORIOS

El proceso de realización de un experimento, particularmente para aplicaciones relacionadas con el campo de la dinámica de sistemas, es un proceso por el cual se comienza con un problema particular y se llega a su análisis. El proceso es el siguiente:

- Identificación de problema: el problema comprende la identificación de la teoría relevante del problema y de las hipótesis sobre el comportamiento
- Experimento piloto: se plantea un diseño inicial del experimento, donde se describen las especificaciones y las instrucciones.
- Mejoras y simplificaciones: en esta etapa se realiza el diseño de los casos de análisis, se ajustan los parámetros y se obtiene o desarrolla todo el material necesario para llevar a cabo los experimentos (incluido el software).

- Realización del experimento: llevar los sujetos al laboratorio para la realización del experimento sobre toma de decisiones.

- Análisis y reporte: donde se analizan y reportan los resultados del experimento, a la luz de las teorías e hipótesis relevantes del problema.

El proceso de la realización de experimentos es similar al proceso de modelación por medio de dinámica de sistemas: un método iterativo. Los mismos experimentos nos llevan replantear la misma teoría y a la formulación de hipótesis alternativas, y nos llevan a mejoras en el experimento.

Una de las partes fundamentales de los experimentos es la tecnología para su realización. En sus inicios, la economía experimental se desarrolló con métodos muy manuales, en ocasiones, en los mismos salones de clase. Con el desarrollo de la computación, los laboratorios pasaron a salas de cómputo adecuadas, como lo muestra la figura 4. La misma configuración es dependiente del caso particular del experimento, por ejemplo, un simple portátil puede ser utilizado para experimentos donde se interactúa con el computador; pero consideraciones de flujo de información y de redes se deben considerar para experimentos de mercados.



Figura 7. Laboratorio de toma de decisiones, System Dynamics Group, University of Bergen, 2004.

Para la comunidad de dinámica de sistemas se tiene una ventaja respecto al software, ya que los diferentes software especializados del campo permiten el desarrollo para experimentos. En particular, Powersim Constructor permite la realización de juegos en red, y por lo tanto permite el modelamiento para mercados experimentales (por ejemplo ver Arango, 2006; Arango y Moxnes, 2007). Sin embargo, la tradición en economía experimental son los desarrollos estándar de software personalizados, usando principalmente aplicaciones para la web.

Los experimentos proveen información primaria acerca de la toma de decisiones directamente del laboratorio. Sin embargo, existen una serie de métodos complementarios que permiten obtener información de ayuda relevante al propósito del experimento. Algunas de estos métodos son:

- Investigación de fuentes de información
- Uso de cuestionarios antes-durante-después del experimento
- Entrevistas interrumpidas
- Tareas de pronósticos
- Estimación del número de computaciones durante el problema
- Medida de las características personales
- Simulaciones de los supuestos comportamentales y comparación con los resultados del experimento

6 ALGUNOS RESULTADOS DESDE EL DOMINIO DE EXPERIMENTOS EN AMBIENTES DINÁMICOS Y COMPLEJOS

Hoy en día, los estudios basados en laboratorios de experimentos están en crecimiento en estudios relacionados con la dinámica de sistemas. Estos tienen diversos propósitos como se muestra en el desarrollo de este capítulo, donde se cubre tanto las construcciones teóricas y su validación, así como el análisis de problemas particulares.

Existe una diferencia importante entre experimentos estáticos y dinámicos. Experimentos estáticos (decisiones balísticas) son aquellos donde los sujetos hacen un juicio o una decisión sin recibir realimentación u oportunidades en las siguientes decisiones (Kampmann y Sterman, 1998); mientras que en decisiones dinámicas, los sujetos reciben información sobre sus decisiones y se toman múltiples rondas, de manera que se tiene la oportunidad de aprender y actualizar sus estrategias, similar a lo que ocurre en "el juego de la cerveza". A pesar de lo natural que es tener situaciones con ambientes dinámicos en el mundo real, el uso de experimentos de laboratorio en la toma de decisiones, principalmente en economía, han sido muy limitados respecto a ambientes dinámicos (Arango, 2006). La mayoría de los experimentos no incluyen estructuras dinámicas y son "reseteados" cada período (por ejemplo, Plott, 1982; Smith 1982).

En dinámica de sistemas estamos principalmente interesados en problemas de toma de decisiones en ambientes dinámicos, particularmente donde hay involucrados retardos, ciclos de realimentación y no linealidades. De acuerdo a nuestra experiencia, hemos observado que experimentos en este tipo de problemas han sido realizados desde el campo de la economía, la psicología y desde la misma dinámica de sistemas. A continuación se hace una breve descripción de diseños y resultados de experimentos de laboratorio en el dominio de ambientes dinámicos y complejos.

6.1 DESDE LA ECONOMÍA

La mayoría de los experimentos en toma de decisiones, particularmente en economía, han sido caracterizados por la falta de dinámica. Como lo mencionamos anteriormente,

los experimentos son normalmente reseteados cada período y no existen elementos que den continuidad para futuros períodos, tales como capacidad con vida útil considerable (mayor al intervalo de toma de decisiones), pedidos no entregados, inventarios, etc.

La dinámica fue introducida en el estudio de burbujas especulativas. El primer intento se realizó por medio de la experimentación con el mercado más simple posible, el modelo de Williams de dos estaciones (Miller *et al* 1977), donde existía la posibilidad de llevar activos sólo de una estación a otra. En estos primeros experimentos se encontró que los mercados funcionaron de manera muy eficiente sin señales de inestabilidad (Millar, 2002). Seguido de este experimento, Smith *et al* (1988) consideró un mercado de acciones que duraba 15 períodos. Ante diferentes conjuntos de parámetros, se observó cómo se formaban burbujas especulativas similares a lo ocurrido en la Bolsa de Nueva York en los años 80s.

Para mercados de commodities, aspectos dinámicos fueron introducidos por medio de modelos de oferta retardada, conocido como "El Teorema de Cobweb" de Ezekiel (1938) (Carlson, 1967; Sonnemans *et al* 2004; Holt and Villamil, 1986; Sutan & Willinger, 2004) y por juegos repetidos de Cournot (Rassenti *et al* 2000; Arango, 2006; and Huck *et al* 2004). En los mercados tipo Cobweb la existe un retardo de un período en la producción, por lo tanto las expectativas sobre precio futuro tiene un role muy importante (ver Figura 8). Dependiendo de la pendiente de la curva de demanda y oferta, se predicciones económicas de ciclos, estabilidad o inestabilidad. Los resultados de experimentos han mostrado que las predicciones teóricas de ciclos no se han materializado, sólo se han observado fluctuaciones aleatorios alrededor del punto de equilibrio (Plott y Smith, 2008; Miller, 2002).

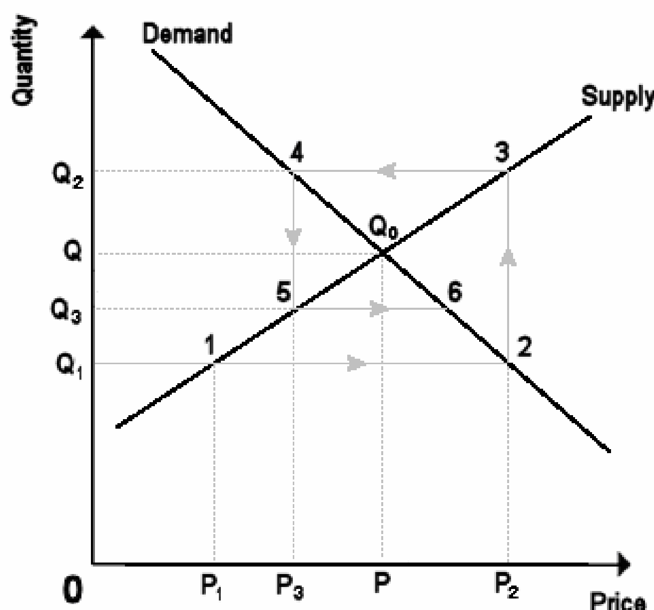


Figura 8. Dinámica de formación de precios en "El Teorema de Cobweb" (Fuente: adaptada de Richards, 2005)

6.2 DESDE LA PSICOLOGÍA

La psicología ha sido tradicionalmente una rama del conocimiento experimental. Se realizan experimentos en un sinnúmero de situaciones, entre ellos, en comportamiento. Su desarrollo comenzó con el estudio de comportamiento de animales seguido por personas desde hace más de un siglo. Su foco de acción se ha centrado principalmente en el análisis de decisiones bajo incertidumbre. Sin embargo, un importante grupo de investigadores han trabajado en las dificultadas cognitivas en problemas dinámicos por medio de experimentos.

Los experimentos con problemas dinámicos en psicología han utilizado como método generalizado el uso de simuladores bastante complejos. Los experimentos, en muchas ocasiones, eran juegos de role donde no se disponía de un pago. Estos simuladores poseen como característica general la interdependencia (o realimentación entre variables), dinámicos con evolución autónoma y por las acciones de los participantes, y algunos de ellos en tiempo real. Algunos ejemplos son el DESSY (Dynamic Environment Simulation System), donde se debe controlar el fuego y otras decisiones ambientales; simuladores para ser un alcalde independiente de un pequeño pueblo; o jugar el role de un campesino.

Algunos de los trabajos más destacados son D. Kleinmuntz (1985), R. Hogarth (1987), B. Brehmer (1992), D Dörner (1980, 1996). En general, se ha observado un muy pobre desempeño de los participantes. En particular, se observaron los siguientes resultados:

- Dificultades para comprender los retardos en el sistema: se observa como la experiencia permite mejorar el desempeño cuándo no hay retardos en el sistema (Brehmer 1992)
- Frecuentemente se ha observado que problemas de complejidad dinámica no resulto son tratados como problemas cómo en decisiones balísticas bajo incertidumbre (Kleinmuntz 1985)
- En algunas ocasiones los sujetos presentaban cambiaban frecuente y rápidamente el foco de sus decisiones, situación conocida como “comportamiento de escape”; en otras ocasiones se observaba cómo los sujetos quedan encerrados únicamente en áreas “fácil” para ellos, normalmente la áreas menos problemáticas.
- Se observaba una falta de reflexión sobre las decisiones, sin tratar de reparar las situaciones. Se presentaban decisiones balísticas, sin detección de una posible hipótesis equivocada del sistema o el uso de estrategias no apropiadas.

A pesar de no contar con el rigor experimental de la aplicación del la teoría del valor inducido y de no tener análisis estadístico formal, su aporte y valor científico es bien reconocido en economía, psicología y en dinámica de sistemas.

6.3 DESDE LA DINÁMICA DE SISTEMAS

Los experimentos en dinámica de sistemas han sido realizados para el estudio de sus características básicas, es decir, para el estudio de la toma de decisiones en ambientes dinámicos con ciclos de realimentación importantes. La importancia de este conjunto de

experimentos radica en gran cantidad de problemas de la vida poseen estas características, y por lo tanto se mejora la validación externa de la experimentación, una de las principales críticas a la metodología.

Los estudios experimentales en dinámica de sistemas comenzaron en el MIT, con los trabajos de J. Sterman. En sus principios se aplicó la metodología para el estudio la realización de pruebas a modelos comportamentales mediante experimentación directa (Sterman, 1987), y luego desarrollando la hipótesis de mis-percepciones de ciclos realimentación a partir del conocido "Juego de la Cerveza" (Sterman, 1989a, 1989b). Hoy en día, es un campo en crecimiento dentro la dinámica de sistemas, que con otros campos del conocimiento asociados, ha servido tanto para construcción de teoría como para su validación y formulaciones alternativas. A continuación se hace una breve presentación de algunos de los resultados experimentales más importantes.

Mis-percepciones de ciclos realimentación –MOF-
La hipótesis de mispercepciones de ciclos realimentación (Sterman, 1989a) (MOF por sus nombre en inglés Misperceptions Of Feedback) fue planteada a partir de "El Juego de la Cerveza", un sistema con múltiples actores, ciclos de realimentación, no linealidades y retardos para la toma de decisiones. Los sujetos deben tratar de manejar el inventario de un sistema de distribución cómo se muestra en la Figura 9. A pesar de que la única variable exógena –la demanda – permanecía constante durante todo el período de simulación, se observó la ocurrencia de costosas oscilaciones, donde había relaciones consistentes entre la amplitud y la fase de las ondas. Las oscilaciones generaban costos en promedio de 10 veces mayores que el costo óptimo.

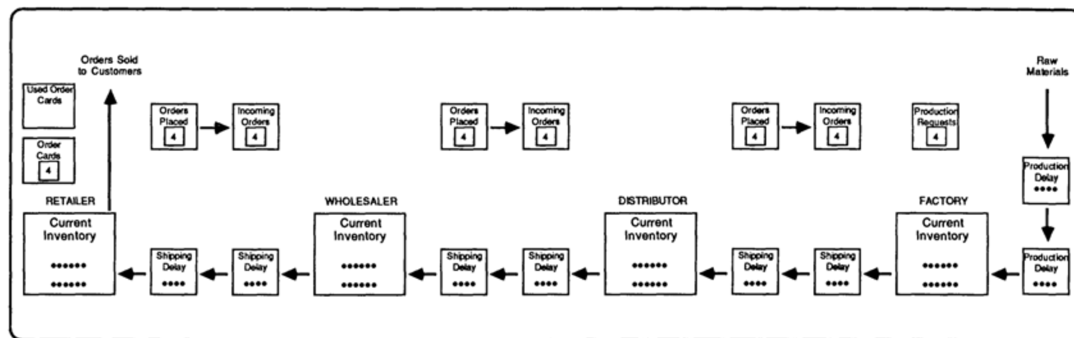


Figura 9. Tablero de "El Juego de Cerveza" (Fuente: Sterman, 1989a)

La explicación teórica para este comportamiento se realizó por medio de la teoría de la Racionalidad Limitada (Sterman, 1989a y 1989b). Sterman encontró que el comportamiento era perfectamente explicado por un heurístico de anclaje y ajuste cómo el planteado por Tversky & Kahneman (1987). La hipótesis de MOF fue entonces planteada para comprender la razón del pobre desempeño de los participantes del experimento respecto al objetivo. En la prueba de esta hipótesis se encontró como los sujetos presentaban insensibilidad a los retardos y no llevaban una apropiada contabilidad de la línea de producción (pedidos realizados pero no recibidos) haciendo pedidos mayores a los necesarios. En la actualidad, existe una amplia literatura de experimentos de laboratorio basados en "El Juego de la Cerveza" (ver revisión de literatura y experimentación en Croson *et al* 2005).

A partir de este trabajo, surgieron una serie de experimentos para probar la hipótesis de MOF. El diseño seleccionado era incrementar la complejidad de los ciclos de realimentación mediante el uso de simuladores basados en modelos de dinámica de sistemas (Langley et al 2006) Paich & Sterman 1993, Diehl & Sterman 1995, Barlas & Ozevin 2004, Yan Wu & Katok, 2006, Gary & Wood, 2007, Wood *et al* 2007) o con la implementación de mercados experimentales con diferentes mecanismos de formación de precios (Kampmann & Sterman 1998). Los resultados observados son consistentes con Sterman (1989a & 1989b): generalización del pobre desempeño respecto al objetivo del experimento, no se consideran apropiadamente los retardos y los ciclos de realimentación para la toma de decisiones, tendencias cíclicas en los sistemas y los sujetos ignoran la cadena de producción. De esta manera, estos reportes experimentales mostraron soporte a la hipótesis de MOF.

Mis-percepción de bioeconomía

El tema de la mis-percepción de bio-economía ha sido estudiado por E. Moxnes, donde se mira como la forma errónea de manejo de recursos con complejidad dinámica y realimentación. Para esto se desarrollaron experimentos con pesqueras (Moxnes, 1998a) y con renos (Moxnes, 1998b), recursos de bastante tradición en Noruega. Para el experimento de las flotas pesqueras , se utilizó un simulador que simule la dinámica de los bancos de peces como lo muestra en la Figura 10(a), donde el problema de los comunes (Hardin, 1968) es removido mediante la implementación de fiordos privados (nota: un fiordo son entradas del mar angostas y largas, accidente geográfico típico de noruega). El objetivo para los sujetes es maximizar en un horizonte infinito de tiempo el tamaño de la flota de buques pesqueros y variar la utilización de capacidad de pesca. En este experimento se encontró que una situación de sobre inversión y sobre capacidad, consistente con evidencia empírica de la situación de las cuotas en Noruega. El análisis muestra soporte a la hipótesis MOF, la cuál es un problema adicional al problema de los comunes.

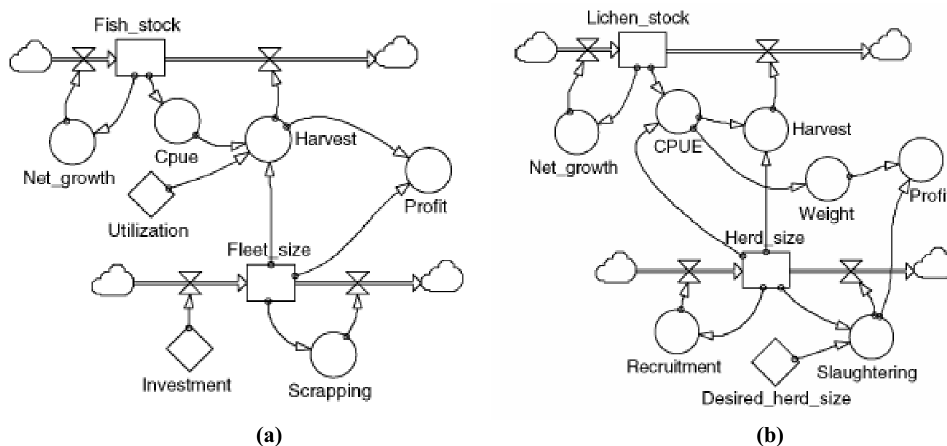


Figura 10. Modelo de simulación para el experimento de pesqueras (a) (Moxnes, 1998a) y para el experimento de renos (b) (Moxnes, 1998b)

Similarmente, para el experimento de los renos, se utilizó un simulador que simule la dinámica de la población de renos y su alimento natural (liquen - lichen) como lo muestra en la Figura 10(b). El liquen es el recurso de alimento para la sobre vivencia de los renos en invierto, y el sistema comienza con un liquen sobrecargado. Los sujetos

deben fijar las cuotas de sacrificio de los renos, de manera que el problema de los comunes es removido de nuevo. En este experimento se encontró una sobreexplotación del recurso, donde tanto el liquen como los rebaños de renos fueron casi destruidos completamente. El análisis muestra cómo los sujetos utilizan modelos mentales estáticos, inapropiados e insuficiente para una explotación sostenible de los rebaños de renos.

Mis-percepción de dinámica básica

Dentro de la literatura de dinámica de sistemas, existe una serie de autores donde se estudian la dinámica de sistemas. Los diseños son generalmente con decisiones balísticas con en ambientes dinámicos muy simples (Sweeney & Sterman 2000, Kainz & Ossimitz 2002, Ossimitz 2002), o con el bloque de construcción de dinámica de sistemas más básico (Moxnes, 2004). Como generalización de los resultados, se encontró una mis-percepción sistemática de la dinámica básica de los sistemas, en sistemas perfectamente descritos y con ciclos abiertos de realimentación. El análisis fue complementado con el uso de cuestionarios y se muestra que, a pesar de la simpleza de los sistemas, la realimentación de la información no es suficiente para mejorar las mis-percepciones.

Para complementar, algunos otros experimentos de laboratorios en ambientes dinámicos son:

- La tragedia de los comunes ha sido por medio del juego de los bancos de peces (Meadows *et al* 1993). Los sujetos toman decisiones en un ambiente dinámico, que recibe realimentación de las inversiones y el esfuerzo de pesca de los otros.
- El estudio de los mercados de certificados de energía verde en la Unión Europea (Schaeffer & Sonnemans, 2000) y en Noruega (Vogstad & Arango, 2006), donde se miraba la influencia de diferentes esquemas de penalidades y de almacenamiento de los certificados.
- Experimentos para estudiar ciclos en mercados de commodities (Arango, 2006). Se estudian las causas a partir de la estructura interna del sistema, donde se toma el Teorema de Cobweb como punto de partida, se adiciona complejidad (realismo) y se observan tendencias cíclicas en precios.
- Se han venido realizando una serie de experimentos para la evaluar la comprensión pública del problema del cambio climático (Sterman & Sweeney, 2002 y 2007) y para el estudio de diversas políticas de información (Moxnes y Saysel, 2007).

7 COMENTARIOS FINALES

En este capítulo se mostró una guía acerca de los conceptos y elementos principales de los experimentos de laboratorio sobre toma de decisiones en ambientes dinámicos, enfocados a su aplicación en dinámica de sistemas. Se presentó una breve reseña histórica, los elementos principales de un experimento de laboratorio, los principios teóricos de los laboratorios de experimentos (propósito, teoría del valor inducido y paralelismo), diseño y análisis de experimentos y algunos resultados desde el dominio de experimentos en ambientes dinámicos y complejos, desde el campo de la economía, la psicología y la dinámica de sistemas.

Los experimentos en dinámica de sistemas han sido realizados para el estudio de sus características básicas, es decir, para el estudio de la toma de decisiones en ambientes dinámicos con ciclos de realimentación importantes. La importancia de este conjunto de experimentos radica en gran cantidad de problemas de la vida poseen estas características, y por lo tanto se mejora la validación externa de la experimentación, una de las principales críticas a la metodología. Sin embargo, se ha observado que el tratamiento de sistemas complejos dinámicos es todavía poco entendido, donde cada experimento muestra la necesidad de más experimentos además de un gran número de problemas sin experimentación.

8 REFERENCIAS

Arango, S. & Moxnes, E. 2007. Cyclical Behaviour in Electricity markets: An Experimental study. *International System Dynamics Conference*, July, MIT, Boston, USA.

Arango, S. 2006. *Essays on commodity cycles based on expanded Cobweb experiments of electricity markets*. PhD dissertaion, The University of Bergen. ISBN: 82-308-0290-4. Available online at: https://bora.uib.no/handle/1956/2027.

Barlas, Y & Ozevin, M. 2004. Analysis of Stock Management Gaming Experiments and Alternative Ordering Formulations. *Systems Research and Behavioral Science*, 21: 439-470.

Booth Sweeney, L. and J. D. Sterman 2000. Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory. *System Dynamics Review* 16(4): 249-294.

Box, G., William G. Hunter, J. Stuart Hunter, & William Gordon Hunter. 1978. *Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building*. Wiley-Interscience; 1 edition, 672 p.

Brehmer, B. 1992. Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta Psychologica* 81 211-241.

Brekke, K.A. and Moxnes, E. 2003. Do Numerical Simulation and Optimization Results improve Management. Experimental Evidence. *Journal of Economic Behavior and Organization* 50(1) 117-131.

Carlson, J. 1967. The Stability of an Experimental Market with a Supply-Response Lag. *Southern Economic Journal* 23(3): 305-21.

Croson, Rachel, Karen Donohue, Elena Katok, John Sterman. 2005. Order Stability in Supply Chains: Coordination Risk and the Role of Coordination Stock. *Working paper, MIT Sloan School of Management.*

Davis, D. and Holt, C. 1993. *Experimental Economics*. Princeton Unversity Press.

Diehl, E. and J. Sterman. 1995. Effects of Feedback Complexity on Dynamic Decision Making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 62(2): 198-215.

Dörner, D. 1980. On the difficulties people have in dealing with complexity. *Simulations and Games* 11(1) 87-106.

Dörner, D. 1996. *The Logic of Failure*. Metropolitan Books/Henry Holt, New York.

Ezekiel, Mordecai. 1938. The Cobweb Theorem. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 52, No. 2. (Feb.,), pp. 255-280.

Friedman, D. 2004. *Economics Lab: An Introduction to Experimental Economics* Publisher: Routledge; 256 p.

Friedman, D. and Sunder S. 1994. *Experimental Methods: A Primer for Economist*. Cambridge University Press.

Gary, M. S., & Wood, R. E. 2007. Mental Models, Decision Making and Performance in Complex, Dynamic Environments. Two experimental studies indicate mental model accuracy is a significant predictor of performance on a complex simulation task after controlling for cognitive ability, self-efficacy, cognitive load, and task complexity. *(Under review at Organizational Behavior and Human Decision Processes)*

Grether, M., & C. Plott. 1984. The Effects of Market Practices in Oligopolistic Markets: An Experimental Examination of the Ethyl Case. *Economic Inquiry* 22:479-507

Hardin G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162 (13 December): 1243–1248.

Hogarth, R.M. and Reder, M., 1987. *Rational choice: The contrast between economics and psychology*. Editors. University of Chicago Press, Chicago.

Holt, C., & Villamil, A. (1986). A laboratory experiment with a single person Cobweb. *Atlantic Economic Journal* 14 (2): 51-54.

Huck, S., Normann, H.-T., & Oechssler, J. 2004. Two are few and four are many: number effects in experimental oligopolies. *Journal of Economic Behaviour and Organization*: 53(4): 435-446.

Kagel, J. and Roth, A. 1995. *The Handbook on Experimental Economics*. Princeton University Press.

Kainz D., & Ossimitz G. 2002: Can Students Learn Stock-Flow-Thinking? *International System Dynamics Conference*. Palermo, August.

Kampmann, C. and J. Sterman 1998. Do Markets Mitigate Misperceptions of Feedback in Dynamic Tasks? *Cambridge, MA 02139, Sloan School of Management, MIT*.

Kleinmuntz, D. N. 1985. Cognitive heuristics and feedback in a dynamic decision environment. *Management Science*. 31 680–702.

Langley, P.A., M. Paich, & J. D. Sterman. Explaining Capacity Overshoot and Price War: Misperceptons of Feedback in Competitive Growth Markets. Working paper series, MIT Sloan School of Management, Boston.

Meadows, D.L., T. Fiddaman, & D. Shannon. 1993. *Fish Banks, Ltd.: A Micro-computer Assisted Group Simulation that Teaches Principles of Sustainable Management of Renewable Natural Resources*. 3th edition, Laboratory for Interactive Learning, Hood House, University of New Hampshire, Durham, NH.

Miller, R. (2002). E*xperimental Economics: How We Can Build Better Financial Markets*. Wiley, ISBN: 0471706256, 314 p.

Miller, R. Charles R. Plott, Vernon L. Smith. 1977. Intertemporal Competitive Equilibrium: An Empirical Study of Speculation. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 91, No. 4 (Nov., 1977), pp. 599-624

Moxnes, E. 1998a. Not only the tragedy of the commons, misperceptions of bioeconomics. *Management Science* 44(9):1234-1248.

Moxnes, E. 1998b. Overexploitation of renewable resources: The role of misperceptions. *Journal of Economic Behavior and Organization* 37(1):107-127.

Moxnes, E. 2000. Not only the tragedy of the commons: misperceptions of feedback and policies for sustainable development. *System Dynamics Review* 16(4).

Moxnes, E. 2004. Misperceptions of basic dynamics, the case of renewable resource management. *System Dynamics Review* 20 (2) 139-162.

Moxnes, E. and A.K. Saysel 2007. Misperceptions of Global Climate Change: Information Policies. *Climatic Change,* (forthcoming).

Moxnes, E. and E. van der Heijden. 2003. The effect of leadership in a public bad experiment. *Journal of Conflict Resolution* 47 (6): 773-795.

Moxnes, E., Danell, Ö., Gaare, E., and Kumpula, J. 2001. Optimal strategies for the use of reindeer rangelands. *Ecological Modelling* 145 (2-3): 225-241.

Olson, M., Rassenti, S., Rigdon, M., & Smith. V. 2003. Market Design and Motivated Human Trading Behavior in Electricity Markets. *IIE Transactions*. Norcross, 35(9).

Ossimitz G. 2002. Stock-Flow-Thinking and reading stock-flow-related Graphs. *International System Dynamics Conference*. Palermo, August.

Paich, M. and J. Sterman. 1993. Boom, Bust, and Failures to Learn in Experimental Markets. *Management Science* 39(12): 1439-1458.

Plott, C. 1986. Rational Choice in Experimental Markets. *Journal of Business* 59: S301-S327.

Plott, Charles R. and Vernon L. Smith (eds), 2008. *The Handbook of Experimental Economics Results*. Amsterdam: Elsevier (forthcoming).

Rassenti, S., Reynolds, S. S., Smith, V. L., & Szidarovszky, F. 2000. Adaptation and Convergence of Behaviour in Repeated Experimental Cournot Games. *Journal of Economic Behaviour & Organization* 41(2): 117-146.

Rassenti, SJ, Smith, VL, & Wilson, BJ. 2002. Using experiments to inform the privatization/deregulation movement in electricity. *Cato Journal* Vol 21(3).

Rassenti, SJ, Smith, VL, & Wilson, BJ. 2003. Controlling market power and price spikes in electricity networks: Demand side bidding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol 100(5).

Richards, M. 2005. *Dibujo del Teorema de Cobweb*. Disponibe en wikipedia. Visitado en junio de 2007.

Schaeffer, G.J., & Sonnemans, J. 2000. The influence of banking and borrowing under different penalty regimes in tradable green certificate markets – results from an experimental economics laboratory experiment. *Energy & Environment* 11(4): 407 – 422.

Smith, V. L. 1976. Experimental economics: Induced value theory. *American Economic Review*, 66(2), 274-279.

Smith, V. L. 1982. Markets as economizers of information: Experimental examination of the "Hayek Hypothesis". *Economic Inquiry*, 20, 165-179.

Smith, V., G. Suchanek and A. Williams 1988 "Bubbles, Crashes and Endogenous Expectations in Experimental Spot Asset Markets. *Econometrica*, Vol. 56, No. 5 (Sep., 1988), pp. 1119-1151

Smith, V.L. 1982. Microeconomic Systems as an Experimental Science. *The American Economic Review,* 72, 923-955.

Sonnemans, J., Hommes, C., Tuinstra, J., & Velden, H. (2004). The Instability of a Heterogeneous Cobweb Economy: A Strategy Experiment on Expectation formation. *Journal of Economic Behaviour & Organization* 54 (4): 453-481.

Sterman, J. 1987. Testing Behavioral Simulation Models by Direct Experiment. *Management Science*, 33(12), 1572-1592.

Sterman, J. and L. Booth Sweeney 2007. Understanding Public Complacency About Climate Change: Adults' Mental Models of Climate Change Violate Conservation of Matter. *Climatic Change* 80(3-4): 213-238.

Sterman, J. D. 1989b. Misperceptions of feedback in dynamic decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 43(3) 301-335.

Sterman, J. D. and L. Booth Sweeney 2002. Cloudy Skies: Assessing Public Understanding of Global Warming. *System Dynamics Review* 18(2): 207-240.

Sterman, J.D. 1989a. Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management Science* 35 321-339.

Sutan, A., & Willinger, M. (2004). Coordination in Cobweb experiments with(out) elicited beliefs. *Working paper*, JEL Classification: C72, C92, D84, 33 p.

Tversky, A. & Kahneman, D. 1987. *Rational choice and the framing of decisions*. In: Hogarth, R.M. and Reder, M., Editors, 1987. Rational choice: The contrast between economics and psychology, University of Chicago Press, Chicago.

Vogstad, K., & Arango, S 2006. Experimental Economics for Electricity Market Design. *First Nordic Workshop in Behavioral and Experimental Economics*. Oslo, November 9-10.

Vogstad, K., Arango, S., and Skjelbred, H. 2005. Experimental Economics for Market Design. International System Dynamics Conference, Boston.

Walpole, R. E., Raymond H. Myers, Sharon L. Myers, Keying Ye. 1985. *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. Publisher: Prentice Hall, 816 p.

Wood, R. E., Goodman, J. S., Gary, M. S., & Debowski, S. J. 2007. The Impacts of Process feedback on self-efficacy, cognitive effort, strategy quality, and performance on a complex task. Two experimental studies indicate that different types of process feedback combined with outcome feedback improve strategy quality and performance on complex tasks. *(Under second round review at Organizational Behavior and Human Decision Processes)*

Yan Wu, D & Katok, E. 2006. Learning, Communication and the Bullwhip Effect. forthcoming in *Journal of Operations Management*.

1 PROPUESTA PARA LA DIFUSIÓN DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS EN LA ESCUELA.

HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA
XIMENA MARCELA NAVAS GARNICA
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia.

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente apartado sintetiza la Propuesta Informática para la Educación en el Cambio, Basada en Ambientes de Modelado y Simulación. Un enfoque Sistémico, la cual se expresa en términos de una propuesta de aplicación y difusión de la Dinámica de Sistemas (D.S) en la educación preescolar, básica y media colombiana.

Esta propuesta no pretende ser una receta, es decir, no es algo totalmente acabado, debe asumirse mejor como un conjunto de lineamientos surgidos de la reflexión sobre las experiencias propias y ajenas; los cuales, con su estudio y análisis crítico desde la práctica, deben ser enriquecidos. Además, hay que tener presente que es posible que algunas de estas recomendaciones no sean apropiadas en algún escenario particular

La propuesta se construye en el reformular la experiencia del llevar la D.S a la escuela y esta reformulación (reflexión y explicación de la experiencia) se constituye en propuesta en la medida que a alguien le sea satisfactoriamente una guía para orientar el hacer de la D.S en una comunidad escolar, es decir, la comunidad que la acepta es la que la constituye en propuesta, la propuesta no lo es en sí misma, como ninguna explicación es explicación en sí misma.

Los siguientes planteamientos, integran elementos conceptuales, de estrategia, metodológicos e instrumentales de la propuesta, identificando a quien va dirigida y quien la puede promover; que pretende; las consideraciones base que la motivan y fundamentan; así como una síntesis de la propuesta en términos de qué se propone hacer, cómo y con qué para lograr los objetivos propuestos.

1.2 POBLACIÓN OBJETIVO Y PROMOTORA

Esta propuesta va dirigida a la comunidad educativa que construye y reconstruye día a día la educación preescolar, básica y media colombiana. Representada principalmente por los profesores, estudiantes, directivos y padres de familia de las escuelas. Además, surge del seno de la comunidad docente e investigativa que desde la universidad se expresa diariamente al país, dándose a conocer y aportando con sus reflexiones y creaciones de diversos tipos y enfoques.

Más en detalle se contempla como población objetivo y promotora, una comunidad constituida por diversos agentes, los cuales, de múltiples maneras, aportan (pueden aportar) a la dinámica de construcción y reconstrucción de la propuesta, su difusión y aplicación, clasificados en agentes endógenos y exógenos a la escuela:

1.2.1 Agentes endógenos a la escuela

- ✓ Profesores (aprendiendo D.S y desarrollando un programa de estudio en la escuela con D.S)

- ✓ Estudiantes aprendiendo D.S y con D.S
- ✓ Administradores de las escuelas, promoviendo el proyecto de D.S en la escuela
- ✓ Organismos y representantes del aparato gubernamental (Ministerio de educación, alcaldes, secretarias de educación, directores de núcleo, gerentes de nuevas tecnologías, informados sobre el programa y respaldándolo).

1.2.2 Agentes exógenos a la escuela

- ✓ Profesionales de la D.S
- ✓ Expertos en contenidos de cada una de las área de estudio.
- ✓ Universidad (grupos de investigación que trabajan con D.S)
- ✓ Administradores de las redes: propias del proyecto y en general de informática en la educación y de educación
- ✓ Evaluadores
- ✓ Administradores del proyecto
- ✓ Comunidad Colombiana de D.S
- ✓ Comunidad latinoamericana de D.S y comunidad mundial.
- ✓ Personas involucradas activamente.
- ✓ Empresas y demás organizaciones no gubernamentales que pueden aportar directamente a la educación.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Dinamizar el proceso de formulación, difusión y aplicación de la D.S, en la educación Colombiana preescolar, básica y media. Entendido este proceso como una forma de participar en la dinámica de cambio de la educación, reconociendo que la educación colombiana es una, en medio de la diversidad pedagógica, cultural y científica que la constituye.

1.3.2 Objetivos específicos a corto, mediano y largo plazo:

1.3.2.1 Inmediatos y a corto plazo

- ✓ Re-formular (conceptual, metodológica e instrumentalmente) la propuesta y ponerla a consideración de la comunidad dinámico sistémica y de las comunidades escolares.
- ✓ Desarrollar experiencias significativas, con las escuelas que inicien el proceso objetivo de la propuesta, desde la etapa de formulación de la misma.
- ✓ Conformar una masa crítica inicial (comunidad inicial) que permita proponer un proceso a largo plazo.
- ✓ Cualificar y desarrollar las herramientas software que la propuesta recomienda como necesarias para instrumentalizar el proceso.
- ✓ Orientar la construcción, como un trabajo en red con profesores y escuelas iniciales, de un conjunto de materiales que ilustren actividades de clase en las diferentes áreas de estudio.
- ✓ Dar a conocer la propuesta y la experiencia de aplicación, a la comunidad nacional, latinoamericana y mundial, en procura de nutrirla con los aportes de experiencias similares y aportar a nivel internacional con la experiencia Colombiana.

1.3.2.2 A mediano plazo

- ✓ Aportar a la conformación de una comunidad Colombiana de profesores, de preescolar a 11 grado, que haga parte activa de la Comunidad Dinámico Sistémica Colombiana y Latinoamericana.
- ✓ Promover una dinámica de investigación acción[1], en la cual se constituya comunidad y se desarrolle una cultura escolar, en la cual el cambio se viva y sea objeto de estudio. Cultura en la cual el paradigma de Pensamiento Sistémico (P.S) aporte significativamente.
- ✓ Consolidar una red de profesores, estudiantes y escuelas que, con el apoyo de la Universidad, desarrolle un proceso permanente de trabajo colaborativo, en el marco del cual se construya comunidad fortaleciendo, promoviendo y difundiendo experiencias significativas con D.S.
- ✓ Promover el desarrollo de un programa de formación docente, a nivel de especialización y maestría, que con la participación de varias universidades contemple la investigación sobre diversas propuestas de tecnología de la información (TI) en la escuela y en particular, de la D.S.

1.3.2.3 A largo plazo

- ✓ Aportar significativamente a la dinámica de cambio de la educación, desde los primeros grados, en procura de una sociedad en la cual el reconocimiento del otro constituya un pilar fundamental que permita unidad en medio de la diversidad. (Andrade y otros, 2001).
- ✓ Aportar a la consolidación de una comunidad de profesores, estudiantes y escuelas que hagan parte activa de la comunidad Dinámico Sistémica nacional, latinoamericana y del contexto mundial.

1.4 CONSIDERACIÓN BASE DE LA PROPUESTA

Siguiendo la orientación de la metodología de investigación acción, la base de la propuesta la determina la mirada que se tenga de la escuela actual, la cual a su vez surge desde la perspectiva de una escuela deseable y con los aportes que de un llevar de la D.S puede hacer a su dinámica de cambio. Figura 1.

---

1 Para Checkland y Holwell (1998) es una investigación orientada por la necesidad de generar conocimiento específico que permita actuar en una situación humana determinada. Teniendo en cuenta que el investigador debe conocer con anterioridad el marco conceptual, la metodología para la investigación y el área de interés, así como también las relaciones entre éstas.

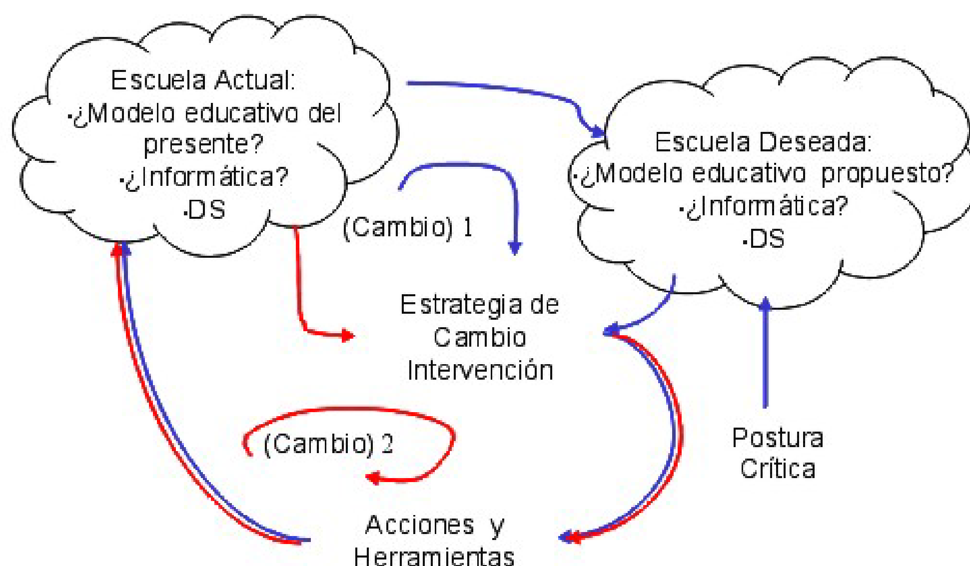


Figura 1: Dinámica de Investigación acción de la D.S en la escuela

La propuesta constituye una guía para la intervención, una estrategia de cambio en el cambio mismo; igualmente especifica algunas herramientas informáticas y acciones concretas en el ambiente escolar, por intermedio de las cuales la misma se aplica. Además, se es consciente que las comunidades sabrán idear múltiples herramientas y diversas acciones que enriquecerán la propuesta en su aplicación.

1.4.1 Escuela Actual

Las escuelas son sistemas complejos que por la combinación de diversos factores sociales y culturales, tradicionalmente han sido resistentes al cambio. A pesar de muchos esfuerzos por efectuar un cambio significativo, han permanecido relativamente inalteradas en un paradigma científico determinístico. (McLeod, 2002) que les limita la innovación en sus prácticas y el cambio en general.

Para Betts (1992), la semilla de la educación escolar encuentra sus fallas actuales en los sucesos del pasado. Desde el principio la educación escolar ha sido llamada a transmitir el conocimiento y los valores culturales y no para preparar a los estudiantes para la vida después de la escuela; descuidando, un aspecto importante, el pensamiento crítico para la solución de problemas y la toma de decisiones. Durante el siglo XX y en el presente, esta escuela, de carácter masivo, en la mayoría de los países occidentales, ha creado exitosamente una generación reduccionista, funcionalista, individualista, con un paradigma organizacional relativista moral que espera una buena organización para verse reflejado en el control de las estructuras de tipo burocráticas. (Barnett, 1997; McLeod, 1997).

Ampliando las anteriores ideas, Stuntz, Lyneis y Richardson (2002) expresan que las escuelas de hoy en día fueron diseñadas para satisfacer las necesidades de un amanecer de la sociedad industrial. Se preparaban estudiantes para ser los trabajadores productivos en las fábricas y las escuelas fueron actualizándose en los principios de la producción en masa, ideas que se extendieron y cambiaron muy poco de un país a otro. En estas escuelas, un eficaz proceso de la cadena de producción, apuntaba a educar graduandos de consistente calidad uniforme. Los profesores fueron un engranaje en este proceso, podrían darle a sus estudiantes todo lo que ellos necesitaban conocer acerca de cada grado. Fue un sistema escolar que llenó las

necesidades de ese tiempo y que, aún hoy, en otra época, se mantiene en lo fundamental.

A esta escuela, de la era industrial, la ha caracterizado un enfoque y prácticas pedagógicas que Andrade y Parra (1998), expresan señalando que las generaciones actuales, en un buen grado, son producto de un aprendizaje instructivo, donde el salón de clases se organiza en filas o en semicírculos, con el profesor al frente y cuyo trabajo es transmitir lo que sabe a los estudiantes. El papel del estudiante es recibir la mayor cantidad de información de la que se le transmite, para lo cual, en el salón de clases, debe "estar quieto y prestar atención". El alcance implícito que sugiere este proceso, que es principalmente un proceso de asimilación, es el objetivo fundamental del profesor, el "llenar" de conocimiento al estudiante. La eficiencia de este sistema está en función de la capacidad del estudiante para repetir las lecciones. Es bueno notar que este aprendizaje instructivo asume tácitamente que los estudiantes no contribuyen al aprendizaje de sus semejantes, sino que cada uno aprende en un proceso con actividades desarrolladas individualmente; por tal motivo, se le ubica en un salón de clases en filas, enfatizando tareas o labores individuales.

Para Litto (1996), este enfoque educativo refleja a la sociedad industrial, en donde la producción de bienes se realiza en masa y con cierto grado de especialización (al igual que sucede con los estudiantes y profesionales), pero marcha rezagada en cuanto a la capacidad de adaptación a condiciones cambiantes. Forrester (1994) complementa la anterior idea al expresar, que la educación debe modificar su tendencia, cada vez mayor, a la especialización y proporcionar al estudiante, una fundamentación que le de una movilidad para variar de acuerdo con las demandas y oportunidades cambiantes.

Ante esta escuela, Fullan (1996) sugiere que lo que está en juego, es una redefinición fundamental de profesores y profesionales que incluya cambios radicales en la preparación del maestro, en el plan y la cultura de las escuelas y en el rol de los profesores. Fullan (1996, p.423) agrega que, es imposible mejorar el aprendizaje del estudiante, para todos o para la mayoría de ellos, sin mejorar el aprendizaje de todos o la mayoría de los profesores. Pero, desde una perspectiva más amplia, según Forrester (1992), el incremento de las críticas a la educación puede dirigir la atención hacia diagnósticos incorrectos y tratamientos ineficaces; señala que la debilidad en la educación proviene no tanto de los profesores, como de los materiales inapropiados con los que se está enseñando. Los estudiantes son atiborrados con hechos sin tener un punto de referencia para utilizarlos apropiadamente en las complejidades de la vida actual. Las deficiencias educativas tienden a provocar una exigencia pública por más de lo que está causando las fallas educativas y las presiones causan un incremento de cursos de ciencias, humanidades y ciencias sociales, en un currículo ya sobre poblado, el cual no inculca entusiasmo, ni sentido de relevancia. En su lugar, existe una oportunidad de moverse hacia una fundamentación común que oriente todos los campos de estudio hacia una unidad más comprensible.

Forrester (1992) plantea que el descontento de la sociedad con la educación se debe a la naturaleza fragmentaria del esquema tradicional, donde se divide el estudio de los fenómenos en materias separadas, que en el mundo interactúan; es decir, se enseñan muestras estáticas y parciales del mundo cuando sus problemas son holísticos y dinámicos. Estudios sociales, ciencia física, biología, y otros temas se enseñan como si fueran inherentemente diferentes unos de otros, aunque funcionen sobre los mismos conceptos fundamentales.

Es de señalar que la escuela Colombiana no es ajena a lo señalado, en general, para la escuela occidental, además, sufre de limitaciones de todo tipo de recursos, escasa

formación docente, aislamiento en sus prácticas, una de otra y del contexto internacional. Pero, como capital, la gran mayoría de los profesores son personas de grandes valores humanos, deseosos de hacer lo mejor por sus instituciones y sus estudiantes y muchos de ellos han desarrollado importantes aportes a la educación, en particular integrando la informática a sus prácticas escolares, de esto dan cuenta los congresos Colombianos de la Red Iberoamericana de Informática Educativa (RIBIE) y demás eventos de este tipo. Además, la escuela rural, con sus intentos de aportar a la solución de las problemáticas sociales, aplica orientaciones pedagógicas que superan en parte la fragmentación del conocimiento y lo integran en una educación basada en proyectos, más de las veces proyectos productivos, en los cuales cada una de las áreas hace su aporte de conocimiento. En Colombia propuestas educativas como las de modelos flexibles (escuela nueva) (MEN, 2006) que han surgido, más que por una postura crítica de la escuela actual, por la necesidad de ampliar la cobertura educativa (un profesor con estudiantes de diferentes grados, formación para jóvenes que por sus obligaciones laborales no pueden asistir a la escuela regular) y por las peticiones de una educación que forme para las urgencias de una vida laboral del joven. Es de señalar que no siempre el hecho de que los profesores deban atender todas las áreas en algún grado, se supera la fragmentación, su orientación pedagógica sigue siendo por áreas y poca integración. De tal situación (de fragmentación), cada día es más consciente la educación en general y los profesores en particular y aunque aún no se den cambios significativos, existen experiencias exitosas y los profesores ya comúnmente hablan de interdisciplinariedad, de integración, de proyectos integrales y de otras actividades que muestran una tendencia de cambio en los modelos mentales y la búsqueda de alternativas.

1.4.2 Aportes de la D.S a la escuela

Stuntz, Lyneis y Richardson (2002) señalan que los tiempos han cambiado. Vivimos en una economía global de rápido cambio, en donde la información y su accesibilidad están creciendo y la comunicación es instantánea. No podemos enseñarles a los estudiantes algo para que desempeñen un trabajo previsible. Ahora los estudiantes necesitan un conjunto de habilidades para prosperar en esta economía cambiante. Aún más importante, los jóvenes necesitan un profundo entendimiento, ánimo y coraje para tratar efectivamente los complejos y crecientes problemas sociales, económicos, políticos y ambientales que nos rodean. Es tiempo para el cambio, para diseñar nuestras escuelas en correspondencia con las necesidades de hoy.

Para Forrester (1992) hay dos desarrollos que se fortalecen mutuamente y prometen un proceso de aprendizaje que puede mejorar el alcance, la profundidad y el conocimiento en la educación; estos son la D.S y el aprendizaje centrado en el estudiante. Además, en 1994 presentó la D.S como esa fundamentación que le permite al individuo moverse de un campo a otro. Propone que los objetivos de una educación apoyada en D.S pueden agruparse bajo tres títulos:

1. Desarrollar habilidades personales
2. Formar en el estudiante una perspectiva y personalidad para encajar en el siglo 21
3. Entender la naturaleza de los sistemas en los cuales vivimos y trabajamos.

Lyneis (1995) expresa que cuando los estudiantes aprenden D.S, se forman conscientes y seguros de sí mismos. Además la D.S, les da herramientas para asumir el pensamiento crítico y la solución de problemas. A nivel del plan de estudios, la educación se hace atractiva, centrada en el aprendiz y pertinente. Comprendiendo la estructura fundamental del sistema, los estudiantes ganan no sólo un entendimiento más profundo del fenómeno en estudio, sino que, ese aprendizaje, les permite

transferir ese entendimiento a la comprensión de otros fenómenos. Asimismo, el modelado con D.S es interdisciplinario, los estudiantes deben utilizar todo su conocimiento y experiencia en la tarea. La D.S une la educación y la matemática se constituye en un útil natural para el estudio de todos los fenómenos. En síntesis, le ofrece a los estudiantes la confianza y las habilidades para resolver problemas que necesitarán atender cuando se enfrenten al complejo sistema social, medioambiental y político de esta época.

El término "Aprendizaje centrado en el aprendiz" que, según Forrester (1992), lo utilizó por primera vez Kenneth Hayden de la Asociación Ideales[2], implica modificar considerablemente el papel actual del profesor. Un profesor deja de ser tan sólo un abastecedor de conocimiento dirigido a los estudiantes, receptores pasivos; en su lugar, se convierte en un colega y en aprendiz participativo. Así, la escuela debe ser un lugar en donde pequeños grupos de estudiantes exploran, se ayudan y trabajan juntos; los profesores, proporcionan orientaciones y presentan las oportunidades, actúan como personas ingeniosas y guías y no como las figuras autoritarias que dictan cada paso del proceso educativo. El papel de profesor es más como el de un director de proyecto que como el de un conferencista. A lo anterior, Lyneis y Fox-Melanson (2001) agregan que, cuando se lleva la D.S a la escuela, los profesores empiezan a trabajar juntos para construir sus propias habilidades en D.S y para desarrollar actividades interdisciplinarias, el cambio se difunde en la cultura de la escuela, se promueve aún más el cambio.

Ampliando y apoyando las anteriores ideas, Stuntz, Lyneis y Richardson (2002) presentan otros beneficios del acercamiento de la D.S a la educación; señalan que no sólo enriquece el programa de estudios sino que va más allá. Los estudiantes asumen la responsabilidad de su aprendizaje, el profesor pasa de ser el transmisor de todo el conocimiento a ser un guía que ayuda al estudiante a desarrollar las habilidades para construir su propio conocimiento. En una clase centrada en el aprendiz, los profesores y los estudiantes persiguen una idea, una habilidad, un entendimiento. Los profesores guían el proceso para atender la necesidad de mejorar las habilidades, mientras el estudiante lidia como investigador y explorador para avanzar. El estudio por grupos de estudiantes de D.S con las habilidades, perspectivas y responsabilidades permite enfrentarlos efectivamente con problemas dinámicos de diferente tipo, como el social, económico y ambiental. La D.S proporciona a los estudiantes herramientas y un lenguaje común que facilita que surjan y se desarrollen discusiones de sus modelos mentales sobre problemas complejos; esto les permite reconocer políticas alternativas para liderar la toma de decisiones fundamentadas. Así como los estudiantes entienden cómo trabajan los sistemas, desarrollan sus propios límites de espacio y de tiempo, obtienen una buena conciencia del efecto de sus propias acciones y de la interacción entre personas y entre los sistemas que los rodean. Aprenden a cerca de interdependencias, de soluciones a corto y largo plazo y de cómo pueden marcar la diferencia. En resumen, la D.S les ayuda a su formación como buenos ciudadanos.

En el contexto del uso de la D.S en la escuela, Andrade y Parra (1998) al igual que Hayden, Stuntz, Lyneis y Richardson proponen nuevos roles para el profesor y el estudiante, expresan que "El profesor provee al estudiante de materiales y opciones de estrategias para la construcción de conocimiento, con un contacto individual dentro del ambiente de educación; los estudiantes tienen la opción de trabajar en equipo o individualmente", para que todo lo anterior sea viable, se requerirán no sólo cambios en los roles señalados, sino en los demás componentes del sistema educativo, es decir, en palabras de Stuntz, Lyneis y Richardson, "como naturalmente las

---

2 Ideals Associated.2 2570 Avenida de María, Tucson, AZ85718 USA. Es una pequeña fundación que por dos décadas ha fomentado un enfoque de aprendizaje que involucra a los estudiantes en la participación activa de sí mismos, lo que contribuye al mejoramiento del proceso educativo

actividades llegan a ser más interdisciplinarias, el cambio en los fundamentos, en la entrega de instrucción, penetra la estructura del colegio, revitalizándolo".

La D.S puede proporcionar un marco de trabajo para dar significado a los hechos aislados. Tal marco proporciona una base fundamentada en la matemática, para los estudios de las ciencias físicas, sociales, la biología, la historia y la literatura. Pero Forrester (1992) agrega, que a pesar del potencial de la D.S, ésta podría ser ineficaz si se introduce en una escena educativa tradicional, en la cual los estudiantes atienden la cátedra pasivamente. La D.S no puede ser adquirida con la aptitud de aquel espectador de deportes que desea convertirse en un buen jugador de baloncesto únicamente mirando los juegos profesionales. El paradigma dinámico inspira la participación activa; pero, las aulas de clase tradicional carecen de esa participación que es tan esencial para un aprendizaje profundo. Además, la D.S ofrece un marco de referencia para brindar cohesión, significado y motivación a la educación, así como también el aprendizaje centrado en el estudiante le imprime el desafío y la emoción de un laboratorio de investigación. Estas dos innovaciones en conjunto, explotan la creatividad, la curiosidad y la energía del joven.

Hacer la educación más atractiva es una meta digna en sí misma, pero la D.S en la educación ofrece más que eso. Provee a los estudiantes con las habilidades y la perspectiva que ellos necesitarán para asumir efectivamente la compleja dinámica social, económica, tecnológica y los problemas medioambientales que enfrentarán en el futuro. Éstas son las necesidades de la vida real. La educación que fue suficiente y buena para nosotros en el pasado puede no ser buena y suficiente para el mundo cambiante al que se enfrentarán los ciudadanos del mañana. (Lyneis, 2000)

Apoyados en las experiencias internacionales, principalmente formuladas por Stuntz, Lyneis y Richardson (2002); en la experiencia del grupo SIMON (Navas, 2006, pp. 21-30) y en sus investigaciones[3]; los principales aportes de la D.S a la educación que esta propuesta contempla, se resumen en:

1.4.2.1 Para el estudiante

Un estudiante formado en un contexto educativo con D.S desarrollará habilidades de pensamiento, aptitudes y comportamientos como:

- ✓ Habilidades del Pensamiento Dinámico Sistémico (P.D.S) (Basado en Richmond, 1997): Desarrolladas en el contexto de un programa común de estudios.
  - Pensamiento Dinámico: Identifica patrones de comportamiento; ve patrones de cambio en el tiempo, más que eventos aislados. Ve en las trayectorias temporales de los elementos del sistema, la historia de su comportamiento dinámico. Las gráficas y las tablas de datos que les corresponde, tienen sentido en la medida que dan cuenta de la historia de comportamiento cuantitativo y cualitativo del sistemas.
  - Pensamiento en términos de causalidad: reconoce que los problemas y sus soluciones están dentro del sistema y no fuera de éste. Entiende que unas son las manifestaciones y otras las causas profundas que determinan lo que se manifiesta. Que las causas pueden estar distantes

3 Desde mediados del 2004, el grupo SIMON, en el marco del proyecto colombiano denominado Computadores para Educar (CPE), ha acompañado año a año, grupos de escuelas (43 en el 2004, 153 en el 2005, 206 en el 2006 y 298 en el 2007), aportando a que éstas comunidades construyan su propuesta de integración de la TI en sus proyectos educativos. En la diversidad de posibilidades para dicha integración, se ha llevado la D.S a la escuela, presentándola como un lenguaje que facilita los procesos de construcción y reconstrucción de conocimiento, la construcción de explicaciones científicas. Cada año la experiencia de campo ha estado guiada por preguntas de investigación como: ¿Cómo llevar la D.S a la escuela?, ¿Cuáles son las posibilidades y limitaciones para llevar la D.S a la escuela? y ¿cómo deben ser los materiales guías para el uso de la D.S en cada grado y cada área de estudio en la escuela? ((Andrade y Navas 2005); (Andrade y Navas, 2006) y (Andrade y otros, 2007))

en el tiempo y en el espacio de sus efectos (manifestaciones), generalmente múltiples. En un sentido más amplio, comprende la idea de influencia para contemplar tanto lo que se puede definir como causa, como lo que constituyen condiciones necesarias para que se de cierta dinámica de comportamiento del fenómeno.

- Pensamiento operacional: Aprecia y entiende cómo la estructura causal de un sistema se refleja en su comportamiento, y comprende que las estructuras básicas se puede aplicar a todo lo que se asuma como sistema. Entiende los conceptos de flujo y nivel y la relación entre los mismos.
- Pensamiento de ciclo cerrado: Reconoce la realimentación. Una acción tiene consecuencias que a menudo se propagan por el sistema, influyendo algunos elementos hasta retornar el efecto sobre el elemento en el cual se efectuó la acción inicial; así las nuevas acciones pueden estar determinadas por las viejas y sus efectos en el presente.
- Pensamiento No lineal: Reconoce que los ciclos de realimentación interactúan para producir respuestas cambiantes a lo largo del tiempo
- Pensamiento cuantitativo: Considera e incluye todas las variables, aún aquellas que no pueden ser medidas en unidades estándar.
- Pensamiento Científico: Reconoce que todos los modelos contemplan y operan con hipótesis que son construidas, probadas y refinadas rigurosamente. Reconoce en un modelo formal una explicación científica.

✓ Aptitudes y Comportamientos con P.D.S: Desarrollados por el aprendiz en el proceso de aprendizaje y de práctica de los fundamentos de la D.S dentro del programa de estudios.

- Reconoce el modelo mental del otro, así esté en desacuerdo. (reconocimiento del otro (Parra, 2003), "ve el mundo con los ojos de los demás" (Chuchrman, 1968))
- Disponibilidad a trabajar en equipo para la solución de problemas del mundo (locales y globales).
- Paciencia y persistencia en la solución de problemas. Usando las habilidades del P.D.S, trabaja duro para profundizar y comprender lo aprendiendo.
- Buena voluntad para examinar y cambiar sus propias apreciaciones y conclusiones. (aptitud reflexiva)
- Buena voluntad para reconocer el error y aprender de éste.
- Aceptación cuando no se está en la respuesta correcta.
- Expansión del sentido del ego. Mirarse así mismo como un ser integral y parte de un gran sistema, con parte de responsabilidad por el bien común.
- Usa la comprensión de un sistema para actuar sobre los problemas con coraje, confianza y esperanza.
- Un amplio horizonte. Una sospecha de que soluciones fáciles, basadas en poca comprensión y políticas de corto plazo, aún sus beneficios inmediatos, pueden ser perjudiciales a largo plazo.
- Habilidad para narrar desde el pasado al presente y del presente al futuro. Habilidad para leer a través del presente y reconocer patrones de comportamiento (pensamiento dinámico)
- Habilidad para aprender aprendiendo (aprender a aprender aprendiendo), con un aprendizaje profundo, comprensivo, con sentido autónomo y duradero. Aprendizaje que transforma al aprendiz,

aprendizaje como transformación y construcción de los modelos mentales.
- Es buen ciudadano.
- Reconoce la diversidad y busca la unidad enriqueciendo la diversidad misma. (Andrade y otros, 2001).

1.4.2.2 Para el Profesor y la Escuela

Una escuela que aprende, construida alrededor los principios del P.D.S, con D.S y centrada en el aprendiz, desarrollará las siguientes características:

- ✓ Diseñará actividades permitiendo a los estudiantes construir sus propios conocimientos. Comprenderá que el profesor es un guía. Las actividades escolares serán centradas en el aprendiz y orientadas en beneficio del aprendizaje de estudiantes y profesores.
- ✓ La D.S será incluida dentro del programa de estudios. No será un curso más; sino que hará parte del conocimiento común (lenguaje común) a todas las áreas y asignaturas. Mejorará las herramientas y formas de trabajo para integrar y revitalizar el programa de estudios existente.
- ✓ Los problemas vendrán primero. Al presentar al estudiante una situación problémica, tendrán la necesidad de aprender varias cosas para solucionarla, los estudiantes mirarán la situación globalmente y luego buscarán el conocimiento necesario para tratarla, como en la vida real.
- ✓ Los profesores tendrán el 30% de su tiempo disponible para el aprendizaje, la colaboración y el refinamiento de las actividades académicas.
- ✓ Los salones de clase estarán abiertos para padres de familia, otros profesores y estudiantes.
- ✓ Los estudiantes trabajarán en proyectos interdisciplinarios con problemas pertinentes a su propia vida, comunidad o sucesos comunes a todos.
- ✓ Para todos los grados, los límites disciplinarios serán suavizados.
- ✓ Los estudiantes integrarán equipos de trabajo con compañeros de diferentes edades y grados, para aprender el uno del otro.
- ✓ Los estudiantes se involucrarán en sus comunidades, contribuyendo a la solución de problemas. Los miembros de la comunidad se involucrarán en sus escuelas.
- ✓ Los estudiantes tendrán acceso a información sobre D.S y a discutir o dialogar con personal experto en el área.
- ✓ La administración estará dispuesta a colaborar, a arriesgarse a abrir comunicaciones y a continuar mejorando. La escuela será una organización que aprende.
- ✓ Los profesores serán aprendices, constructores y reconstructores de conocimiento.
- ✓ Los profesores, como los estudiantes, siempre estarán aprendiendo de los problemas, los fenómenos y las disciplinas; igualmente, siempre estarán aprendiendo a aprender y aprendiendo D.S.
- ✓ El trabajo colaborativo entre profesores será un imperativo para la interdisciplinariedad y ésta para asumir con D.S los problemas complejos.
- ✓ Será una escuela que vive en el cambio, se construye y reconstruye para vivir, para ser siendo escuela.
- ✓ Reconoce la unidad en la diversidad y construye unidad enriqueciendo la diversidad, como la étnica, cultural, ecológica, política, religiosa y científica.
- ✓ Propende por la formación de sus profesores y estudiantes como buenos ciudadanos.
- ✓ La informática, la matemática y los lenguajes para la construcción y reconstrucción del conocimiento, como la D.S, serán, de manera integrada, herramientas de todos los profesores y para todas las áreas y asignaturas.

- ✓ Se hará escuela construida con D.S, construyéndose con D.S. y su proceso de construcción será expresión de su cambio y como tal no tendrá fin.

1.5 ESTRATEGIA Y DINÁMICA GENERAL DE DESARROLLO DE LA PROPUESTA EN EL CONTEXTO DE INVESTIGACIÓN ACCIÓN.

Este apartado se propone responder a dos inquietudes fundamentales, cómo iniciar el proceso y cómo promover una dinámica del llevar la D.S a la escuela, conducente a que en la experiencia de ese llevar se vaya formulando y reformulando la propuesta misma, es decir, que se vaya llevando la D.S a la escuela y se vaya haciendo propuesta en ese mismo llevar, de esta forma se asume el contexto de investigación acción.

Para formular la estrategia se propone la metáfora del contagio de una Infección y para orientar la dinámica de la estrategia en la acción se formulan un conjunto de recomendaciones que entrelazan escuela y promotores, pero que para claridad en la presentación se han formulado, unas pensando en la escuela y otras pensando en el promotor.

1.5.1 Estrategia de contagio.

¿Cómo se lleva la D.S a la escuela para promoverle un cambio, para hacer realidad los potenciales aportes de la D.S misma?

El cómo llevar aquí se asume como el cómo iniciar, consolidar y sostener un proceso de presencia de la D.S. en las escuelas.

La experiencia internacional (Navas, 2006 pp. 7-19) ha mostrado que la D.S se difunde en sus diferentes espacios de aplicación a la manera de una epidemia, es decir, sigue los pasos de la "propagación de una Infección". En las escuelas empieza con uno o dos profesores que están buscando maneras de mejorar el plan de estudios para sus estudiantes; prueban usando la D.S en una actividad y a menudo se entusiasman, al ver a sus estudiantes participar espontáneamente. Estos profesores intentan aprender más sobre el enfoque y encuentran otras aplicaciones a su plan de estudios. Si el proceso va bien, comentarán a sus colegas sobre los beneficios de la D.S. Así, otros profesores prueban las ideas con sus estudiantes. Para Lyneis y Fox Melanson, (2001), otra forma de iniciar la propagación la D.S, es que los expertos encuentren lugares en el plan de estudios donde las herramientas de D.S pueden mejorar la formación y trabajen con los profesores para desarrollar y co-enseñar actividades. Inicialmente, hay que trabajar con los profesores que están interesados en áreas como Matemática o Ciencias y gradualmente ir extendiendo la mano a otros profesores y disciplinas.

Esta fase inicial requiere paciencia porque el proceso parece muy lento como cualquier crecimiento exponencial, el crecimiento inicial parece constante durante mucho tiempo, hasta que más personas se involucren y el crecimiento se refuerce.
Sin embargo, una vez que los profesores se interesan en el enfoque, empiezan a usarlo frecuentemente con sus estudiantes y mantener el proceso de "infección" en una escuela se vuelve mucho más complicado. El nuevo crecimiento es aún manejado por profesores entusiastas, que observan los beneficios para los

estudiantes y terminan realizando una experiencia. Sin embargo, sostener los esfuerzos de los primeros profesores y manejar la propagación de la D.S y el P.S a lo largo del plan de estudios y la cultura de la escuela, requiere de mucho apoyo y paciencia.
La estrategia es fomentar la "infección" de la D.S dentro de las escuelas hasta que el cambio gane aceptación y la D.S se mantenga por sí misma, es decir, hasta que el proceso sea auto sostenible.

La experiencia del grupo SIMON[4] (Navas 2006, pp. 21-30) se ha preguntado por otras estrategias para iniciar el proceso de contagio y para lograr una mayor velocidad de propagación en la etapa inicial. En los últimos cuatro años, en el marco de proyecto Computadores Para Educar (CPE), la estrategia utilizada ha sido la integración de la D.S. a los programas de inserción de la TI en la escuela, el acompañar a las comunidades escolares en la construcción de un proyecto de uso de la TI en la escuela, como herramientas dinamizadoras de sus procesos de formación y aprendizaje y como objetos de estudio. En ese acompañar a las escuelas se orienta la formación docente y la participación de toda la comunidad; además, de desarrollar un programa de formación docente con un énfasis en el cambio de las prácticas escolares, cambio que se entiende dinamizado por la TI en la medida que las mismas aportan al mejoramiento de las prácticas actuales y a la innovación. En esta estrategia, la D.S se presenta como propia del dominio de la TI, como una teoría tecnológica que, desde la perspectiva del P.D.S, puede aportar a los procesos de construcción y reconstrucción de conocimiento y en general, al desarrollo de las formas de pensamiento propias de este paradigma.

Esta propuesta considera que en el propósito de llevar la D.S a las escuelas, son válidas diferentes alternativas para iniciar en las escuelas el contagio; a unas escuelas llegará casualmente por la iniciativa de un profesor, a otras en programas de formación docente que presentan explícitamente la D.S en su utilidad para el aprendizaje en una u otra área del conocimiento; igualmente, la D.S puede llegar haciendo parte de la TI y mostrando la posibilidad de aportar en el mejorar e innovar de la educación; otras alternativas surgirán de la reflexión sobre futuras experiencias; además, estas alternativas, en algunos casos, se pueden integrar reforzando su efecto.

Con base en las anteriores tres estrategias generales de contagio, se proponen los siguientes mecanismos para iniciar la difusión en una u otra escuela:

- ✓ Por "contagio" aleatorio, iniciativa de un profesor.
- ✓ Por el "contagio" en el marco de un evento o por la motivación que surge en el profesor a conocer publicaciones sobre el tema.
- ✓ Promovida desde la universidad, de manera directa por iniciativa de los investigadores, pruebas piloto.
- ✓ En el marco de los programas de formación universitaria de profesores y demás profesionales que pueden llegar a ser profesores, principalmente en los programas de licenciatura y posgrados en el área de educación.
- ✓ En los programas de formación de los profesores que están laborando. Programas que a menudo son asesorados y orientados por la Universidad.
- ✓ Mediante los programas de formación docente en informática y tecnología.
- ✓ Por orientación estatal, orientaciones curriculares que resaltan el uso de la TI y en particular del modelamiento y la simulación.
- ✓ Por acción intencionada de un profesional experto de la D.S.

[4] Se describe la experiencia que ha tenido el grupo SIMON desde mediados de 1995 proponiendo y desarrollando acciones de aplicación de la D.S de preescolar a onceavo grado y a nivel universitario.

- ✓ Por la acción de fundaciones o centros de investigación creados para tal fin.
- ✓ Mediante la difusión y promoción de redes humanas en el entorno de Internet.
- ✓ Dentro de una propuesta de informática para la educación, integrada a las diferentes áreas y asignaturas, así como a proyectos de aula, proyectos productivos y en general, proyectos interdisciplinarios.

1.5.2 Dinámica de la estrategia, recomendaciones para la acción.

Para desarrollar el proceso, a partir del contagio inicial y sostener la estrategia de la epidemia de la D.S en la escuela, se hacen recomendaciones, entendidas éstas como resultado de un proceso de formulación, aplicación, reflexión y reformulación de la propuesta misma y de la participación de múltiples actores. Estas recomendaciones integran la participación de todos los actores, pero, para mayor claridad se formulan en dos grupos, desde la perspectiva de la escuela, pensando en la actividad fundamental que se propone para el uso de la D.S, las actividades integradas y desde la perspectiva de los promotores externos, en este caso la Universidad.

1.5.2.1 Recomendaciones pensando desde la escuela.

- ✓ Reflexionar en la experiencia, para ir identificando qué estudiantes de la escuela han logrado desarrollar las habilidades de la D.S y construir con esa información un perfil de lo que los estudiantes pueden lograr en cada grado. En el 2001, sólo unas escuelas de los EEUU habían asumido el acercamiento de D.S, y todavía ninguna de éstas lograba el nivel de la escuela ideal prevista (que hace realidad todos los aportes de la D.S que se han identificado). Para efectos del cambio, es importante tener una descripción creíble, clara, explícita de los logros finales de los estudiantes. Aquí puede estar la mayor debilidad de la actual propuesta ya que la misma aún no responde claramente a inquietudes que, como éstas, presenta la comunidad. Esto no niega el hecho de que, desde una perspectiva dinámico sistémica, la propuesta siempre será algo en desarrollo, que se irá enriqueciendo con las múltiples experiencias y así mismo, se irá adaptando al cambio que viva la escuela. Esta propuesta tan sólo puede responder a los que desde la realidad del presente es posible formular.
- ✓ Desarrollar el material de los programas de estudio, actividades integradas con D.S, mostrando los beneficios que obtienen los profesores que usan D.S. Al principio puede ser muy importante que las propuestas de actividades integradas lleguen de afuera (promotores, investigadores), luego hay que lograr que con trabajo en equipo, en redes, los profesores mismos desarrollen (con apoyo de expertos) los materiales. Para la elaboración de estos materiales, los investigadores deben tener presente las experiencias nacionales e internacionales, que les permitan asumir expectativas plausibles para el contexto al cual se proponen, grados, temática, profesores y ambientes escolares (sociales).
- ✓ Priorizar la formación y la colaboración a los profesores, ellos necesitan formación en D.S y apoyo cuando estén iniciando el uso de ésta con sus estudiantes. Para esto, es indispensable desarrollar buenos materiales para las jornadas de formación docente y a su vez, que esos profesores repliquen la formación con los demás profesores de su institución y la misma se manifieste en todos los espacios académicos.
- ✓ Tiempo para aceptar las ideas. Las ideas del P.S y la D.S son nuevas para muchas personas y no obvias inmediatamente. Profesores y administradores

necesitan tiempo para comprenderlas, dominarlas y evaluarlas a su propio ritmo. Los líderes pueden adoptar las ideas rápidamente, otros tardarán más tiempo y para algunos pueden que no les sea de interés alguno. El promotor debe asumir que el profesor que aún no asume la propuesta o que lo hace de manera muy lenta, lo que requiere siempre es tiempo, motivación, materiales u otras orientaciones, no hay que asumir apresuradamente que "no hay nada que hacer con este profesor".

- ✓ Tiempo para la colaboración, para la interdisciplinariedad. Los profesores necesitan tiempo y horarios más flexibles para trabajar juntos, para desarrollar sus habilidades, diseñar y desarrollar lecciones ínterdisciplinariamente y compartir éxitos y frustraciones. En este sentido aportan significativamente los eventos académicos, donde profesores y administradores de las diferentes escuelas puedan trabajar en red con sus colegas.
- ✓ La transdisciplinaridad. Las escuelas necesitan facilitar que el uso de herramientas de D.S fluya a través de las diferentes disciplinas y niveles para permear y relacionar el currículo y elevar el potencial que tiene la D.S para apoyar el aprendizaje. Las herramientas y estructuras son genéricas. y transferibles.
- ✓ El trabajo en red con apoyo en Internet. Los promotores pueden aportar significativamente promoviendo una red de profesores entre las escuelas, para intercambio de experiencias, para la construcción, evaluación y refinamiento de actividades escolares integradas con D.S. Esta red puede promover la relación entre profesores, administradores y estudiantes de las diferentes escuelas y de todos ellos con los promotores.
- ✓ Mantener altos los niveles de calidad de los programas de estudio y de formación. Un deterioro de la calidad debilitaría la credibilidad y sostenibilidad del proyecto. En este sentido es importante contar con la colaboración de profesionales de la D.S, asesores para la elaboración de materiales y ante todo, un alto nivel en la formación de los tutores o acompañantes de la escuela.
- ✓ Reconocer o admitir que al principio la D.S puede ser difícil de aprender porque requiere mirar las cosas a través de un nuevo marco de referencia (un nuevo paradigma). Dependerá de los profesores experimentados idear maneras para hacer que ésta sea accesible a un amplio público.
- ✓ Evaluar continuamente el progreso de los estudiantes, demostrando que la educación con D.S puede obtener los beneficios esperados. Asimismo, hay que evaluar y refinar los materiales de los programas de estudio y los de las jornadas de formación de los profesores. Para los materiales que los profesores, propongan y desarrollen, será necesario emplear expertos en la revisión porque aún los profesores no tiene la suficiente experticia y ganarán con la realimentación que hagan los expertos en D.S y en los temas objeto de modelamiento.
- ✓ Permitir que los estudiantes sean embajadores. Los estudiantes que han estudiado con D.S, pueden expresar elocuente y entusiastamente los conocimientos aprendidos. Siempre impresionarán a los adultos por su comprensión, equilibrio y profundidad en la comprensión y propuestas de solución de problemas complejos.
- ✓ Promover la participación de profesores y estudiantes para mostrar su trabajo en eventos de red, de D.S, de educación y de Informática.
- ✓ Reconocer que la D.S no es aceptada fácilmente por la comunidad educativa, si se intenta imponer desde arriba. Profesores, administradores y en general la comunidad, necesitan tiempo y paciencia para asimilar y aceptar ideas a su propio ritmo. Esto no niega que se promueva y se motive desde arriba, por ejemplo, con programas de formación docente que den créditos para el escalafón, hay que motivar, convencer, promover, no obligar. Además, para el

aprendizaje se requiere tiempo, pero siempre hay mecanismos para disminuir dicho tiempo, respetando el límite en esta disminución y la individualidad.

- ✓ Valorar el papel que desempeñan los administradores en el cambio escolar. Un administrador a favor, puede animar y facilitar la propagación de la D.S dentro de la escuela, especialmente si la administración adopta los principios del aprendizaje organizacional, creando un clima de continuo mejoramiento y colaboración. Esto aplica no sólo a los administradores directos de la escuela, igualmente, a todos los funcionarios gubernamentales que tienen que ver con la educación, gerente de nuevas tecnologías, secretario de educación, alcalde, ministerio y demás funcionarios de ese orden.
- ✓ Comprometer a la comunidad local de las escuelas. Son muchos los beneficios que se obtienen cuando la escuela, los miembros de la comunidad, los empresarios y otras instituciones trabajan juntas para mejorar la educación. Así mismo, las escuelas necesitan mantener a sus comunidades informadas y escuchar sus preocupaciones. Los interesados directos son los padres de familia, ellos pueden aportar si les interesa y vincular a las organizaciones privadas y sociales.
- ✓ Trabajar en red con el gran número de educadores alrededor del mundo que están incluyendo la D.S en la educación. Es importante aprender de las experiencias que se han desarrollado en el uso de la D.S en la educación. Además, el profesor no se debe sentir sólo, debe sentirse de la comunidad que a nivel mundial trabaja con el mismo propósito. Para esto es muy importante cultivar la disciplina de registro de las experiencias de cada profesor, cada escuela, sin éste registro no será posible el intercambio.
- ✓ Reconocer que cualquier esfuerzo de cambio en la educación escolar producirá una resistencia natural. Hay necesidad de usar las herramientas de la D.S para buscar puntos de apoyo y trabajar dentro del sistema educativo encontrando algo que contrarreste esta situación. Al menos al principio la actividades que se le propongan al profesor no deben exigirle demasiado cambio, el cambio debe irse dando gradualmente y paralelo a la formación y la experiencia del profesor.
- ✓ Equipos: Las escuelas necesitan computadoras y software de D.S apropiado a los mismos. Hay que tener presente que los equipos aportan a todos los proyectos de la informática en la educación, no sólo al de D.S. Esto implica que las motivaciones para gestionar estos recursos son varias.
- ✓ Paciencia y confianza, así como perseverancia, constancia, investigación y acción participativa, son esenciales. El cambio institucional en la educación no es fácil. La educación está presionada a cambiar ante la creciente complejidad y los cambios rápidos de la sociedad. Sin embargo, es una institución que cambia muy lentamente, que pone a punto “el sistema inmunológico” que mantiene la estabilidad y resiste cualquier presión para cambiar abruptamente. Profesores, administradores y los partidarios de la D.S, necesitan paciencia para admitir el cambio que crece desde las raíces, esto requiere tiempo y la perseverancia creativa ante los obstáculos. Necesitan confianza para trabajar juntos, además, de una visión compartida que la educación debe y puede mejorar.
- ✓ Dinero: Este aspecto es relevante porque se necesita para la formación de profesores y administradores, para realizar y asistir a eventos en pro de difundir y observar el trabajo de profesores y estudiantes, para compra y mantenimiento de equipos de cómputo, etc. Hay que explorar todas las posibilidades (gobierno, empresas, comunidad escolar, recursos propios) para gestionar el apoyo a la escuela, la calidad y la imagen social del proyecto siempre será un buen recurso para pedir apoyo.

1.5.2.1.1 *Actividades con D.S en la escuela, en la relación profesor - estudiante*

Se proponen dos tipos de actividades generales para el uso y difusión de la D.S en la relación Profesor – Estudiante. Un primer tipo de actividad está orientado fundamentalmente (no únicamente) al uso de la D.S para apoyar procesos de aprendizaje y un segundo tipo de actividad se centra en incrementar el dominio de la D.S en cada uno de sus lenguajes y paradigma de pensamiento. (Navas, 2006 pp. 31-40)

En cuanto a las experiencias de aprendizaje apoyado en D.S se observan tres posibilidades: 1- Aprendizaje a la manera de una experiencia real, sólo experimenta usando el animador[5], simulación muy semejante a las de tipo caja negra. 2- Aprendizaje similar al que se logra a partir de la experiencia real del otro, observando la correcta operación del simulador por el usuario experimentado; es el caso de cuando el tutor le dice al aprendiz cómo operar pero no le aporta el por qué actuar de dicha manera, o de quien observa una operación correcta con el animador (simulador) y luego actúa en correspondencia, puede acertar en la operación con el instrumento, pero no puede dar cuenta de la razón de dicho acierto. 3- Aprendizaje con experiencias guiadas por el conocimiento, es decir, un aprendizaje fundado en el conocimiento, un hacer con fundamento en el saber (tecnología); experimentación con el animador, con conocimiento del modelo[6] que rige la simulación y del fenómeno simulado, simulación de caja transparente. El aprendizaje guiado por el conocimiento será posible en mayor medida y a mayor profundidad, según sea el dominio de la D.S por el aprendiz. Igualmente, este aprendizaje aportará en mayor medida al meta–aprendizaje, en la medida que se realice no sólo consciente del aprendizaje particular, sino del ejercicio del P.D.S. y del progreso en el dominio de las formas de pensamiento dinámico sistémico.

Las labores de formación docente y las actividades que se orienten desarrollar en la escuela, se deben proponer con conocimiento explícito de las tres posibilidades de uso y de tipos de aprendizaje descritos. Además, se espera que profesores y estudiantes vivencien los tres tipos de experiencia de aprendizaje, para que ellos mismos descubran que las actividades con D.S que se proponen se orientan fundamentalmente a aprender sobre el fenómeno simulado, descubriendo el papel que juega el modelo y la explicación que éste recrea, es decir, a un aprendizaje fundado en el conocimiento. Cuando los profesores viven los tres tipos de experiencia de aprendizaje, se ha observado que crece su interés por aprender a leer el modelo de D.S y por construir y demandar modelos para apoyar otras actividades de aprendizaje fundado en el conocimiento.

Las actividades encaminadas, de manera directa al aprendizaje de la D.S y al desarrollo de formas de pensamiento Dinámico Sistémicas se pueden apoyar (ante todo en la etapa inicial) en juegos como el de la epidemia (Glass-Husain, 1991), el de la amistad (Clemans, 1996), el juego de entrada/salida (Ticotsky, Quaden y Lyneis 1999), el de la extinción del Mamut (Stamell et al. 1999), el del banco de peces (Whelan, 1994) y otras experiencias de este tipo. Es de señalar que este tipo de actividades, aunque enfatizan en el aprendizaje del paradigma, cada una aporta en otros aprendizajes importantes en términos de instrucción y formación, de interés en los planes de estudio, por ejemplo, valores y matemáticas.

---

5 Animador: interfaz que se puede crear usando el software Evolución 3.5, la cual permite la interacción con un modelo de D.S desarrollando simulaciones bajo diferentes condiciones. Algunos usuarios usan el modelo sólo operando esta interfaz, sin conocer profundamente el modelo, sólo su propósito general y lo que puede hacer con el animador.

6 Cleary (1992, pp.117-126) describió a un modelo como una representación simplificada del mundo real.

Teniendo en cuenta los dos tipos de actividades descritas, de aprendizaje con D.S y de aprendizaje de la D.S, se ha observado la posibilidad de que surjan diferentes tipos de usuarios de la D.S, como:

- Usuario solo consciente de la presencia de la D.S en los simuladores → sólo experimenta guiado por la interfaz (animadores). Corresponde con la simulación tipo caja negra y aporta al aprendizaje similar al que se logra por la experiencia directa, propia o ajena.
- Usuario consciente del modelo→ lee modelos de D.S, demanda modelos, experimenta con conocimiento del modelo. Corresponde con la simulación tipo caja transparente y aporta a un aprendizaje en la experiencia guiada por el conocimiento que la explica.
- Usuario Dinámico Sistémico→ reflexiona dinámica y sistémicamente, propone actividades con D.S, lee, demanda y simula con conocimiento del modelo y su relación con el fenómeno que recrea.
- Usuario Modelador de D.S → reflexiona, piensa dinámico sistémicamente, y construye modelos de D.S y diseña actividades escolares con D.S.

A continuación, se ilustran los dos tipos de actividades generales que se proponen, mediante dos recursos: El juego de Entrada – Salida, principalmente para la formación en D.S y las clases Integradas con D.S, principalmente para el aprendizaje apoyado en D.S. Otras ilustraciones se pueden apreciar en (Navas, 2006. pp. 180-203).

Juego de entrada salida:

Este juego en principio, se plantea para los niños de los tres primeros grados o para el que se está iniciando en la D.S. En esta etapa la preocupación se centra en que los estudiantes desarrollen la idea de la dinámica, es decir, del cambio en el comportamiento de las variables de un fenómeno en el tiempo; esto se logra, en parte, si aprenden a hacer e interpretar representaciones gráficas que miden cómo va evolucionando algo (un fenómeno) en el tiempo. Además, desde la D.S, se busca que los niños vayan asimilando el concepto de flujo y de nivel asociado a un fenómeno; no se trata de que digan qué es flujo y nivel (lo cual lo van a entender cuando trabajen con Evolución[7] 3.5 (Cuellar, Lince 2003)), sino que manejen los conceptos de acumulación y cambio en la práctica, aunque no les coloquen los nombres de nivel y flujo.

Para el objetivo planteado, se ha adoptado el juego de entrada salida (Ticotsky, Quaden y Lyneis 1999), el cual se realiza de la siguiente manera: En algún lugar se hace un cuadro en el piso y se dibuja un camino de entrada al cuadro y otro de salida (Figura 2). Unos niños se paran dentro del cuadro y otros fuera, se establece una regla para definir la forma como entran y como salen, se desarrollan varias jugadas aplicando las reglas y se van registrando los valores de las variables; después de jugar se discute que pasó durante el juego, se hace la representación grafica el comportamiento de la cantidad de niños en el cuadro y se interpreta.

Las reglas pueden ser varias dependiendo del grado de los niños, como:

- La misma cantidad que entra, sale. (Ejemplo: entran 2, salen 2)
- Entran más de los que salen (Ej: entran 3, salen 2)
- Entran menos de los que salen (Ej: entran 2, salen 3)
- Entra y sale una fracción de los que hay (esta regla puede que no sea apropiada para el primer grado.)

---

7 Software para el modelado y la simulación con D.S. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Colombia, 2003. Se encuentra a disposición del público en www.uis.edu.co/investigacion/grupos/paginas/simon/indexie.html o en http://simon.uis.edu.co

Así, se siguen planteando reglas cada vez más complejas, de tal forma que su aplicación permita identificar, además, de los conceptos de flujo y nivel, el de fracción (parámetro) y de realimentación.

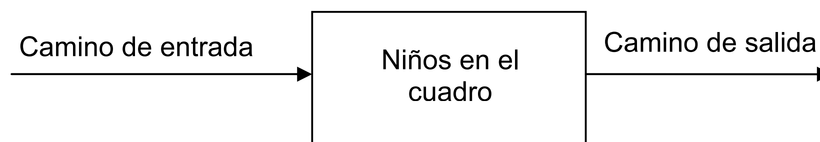


Figura 2: Esquema general del juego Entrada Salida.

No se debe pretender la aplicación rápida de reglas muy complejas; hay que ir despacio y poco a poco, incrementar el grado de complejidad. Se hace necesario jugar algo que realmente sea comprendido por los niños y solamente se pasa a otro nivel de complejidad, cuando los niños estén jugando muy bien y lo hagan solos, asociando claramente las representaciones gráficas con la dinámica del juego.

Los comportamientos observados en el juego, se pueden apreciar cuando se simula el juego con Evolución 3.5[8]. Así mismo, con el modelo se puede responder a preguntas como, ¿Qué habría pasado si las condiciones iniciales hubiesen sido X o si las reglas fueran otras, generalmente de mayor complejidad? Hay que enfatizar que el objetivo es aprender a interpretar las representaciones gráficas, es decir, no sólo que el aprendiz pueda verlas o hacerlas, sino que las interprete a la luz del fenómeno (juego) y según la regla con la cual se desarrolló el juego. Para los niños de preescolar y primer grado se ha orientado sólo como juego y para los demás grados, además de jugar se asume el modelo y se simula en el computador.

Juego de Entrada/Salida con cargueros.

En el marco de la tesis de maestría titulada "Propuesta Informática para la Educación en el Cambio, Basada en Ambientes de Modelado y Simulación. Un enfoque Sistémico" (Navas, 2006) se ha desarrollado el juego entrada/salida con cargueros, a fin de asumir un poco más el grado de complejidad. Se espera que el juego sea atractivo para adultos, jóvenes y niños. Estos últimos lo pueden jugar en una clase o en los descansos de la jornada escolar.

Las reglas generales son: Cada equipo hace cuatro cuadros (Figura 3), en cada cuadro hay jóvenes distribuidos así:

1- Los del cuadro principal
2- Los disponibles para entrar al cuadro principal,
3- Los que cargan a los que entran al cuadro principal, trayéndolos del cuadro de disponibles. (en la espalda y sin que la persona que va cargada, toque el piso). En cada jugada cada carguero sólo puede cargar uno de los disponibles para entrar)

8 El modelo (ENTRADA_SALIDA.MEV) fue construido con Evolución 3.5. El instalador de este software y el modelo, para uso académico, se pueden descargar de la página del grupo SIMON de Investigación. SIMON:
www.uis.edu.co/portal/investigacion/grupos/simon_uis/simon.html#5, http://simon.uis.edu.co/websimon/software/indsoft.html

4- Los que cargan a los que salen del cuadro principal, llevándolos a los otros cuadros, según las reglas particulares que se establezcan.

Figura 3: Esquema general del juego entrada salida con cargueros

Además algunos jugadores deben ser los encargados de registrar cada una de las jugadas, para poder realizar las representaciones gráficas. Se aconseja que exista un árbitro que vigile el cumplimiento de las reglas. El juego termina cuando el sistema se estabiliza, es decir, cuando no es posible trasladar a ninguno o cuando al jugar la cantidad en cada cuadro permanece constante. Si se comete un error, el árbitro suspende el juego, hace devolver la jugada y registra un error, luego ordena continuar.

Ejemplo:

Condiciones iniciales:

Cantidad inicial en cada cuadro: Cuadro principal = 8; Disponibles para entrar al cuadro = 10; Cargueros que llevan al cuadro = 1; Cargueros que sacan del cuadro = 2; Los que registran datos = 2; arbitro = 1.

Reglas para este caso:

De los que sacan cargados del cuadro principal, el primero va para el cuadro de los cargueros que llevan al cuadro principal y los demás, se llevan al cuadro de los que están disponibles para entrar al cuadro principal. Al cuadro de cargueros que sacan, no se lleva, es decir, esta cantidad permanece constante durante todo el juego.
Debe hacerse la representación grafica de la cantidad, jugada tras jugada, en cada cuadro, desde el principio hasta el final del juego y, explicar el porque de dicho comportamiento temporal[9]. A continuación se aprecian las trayectorias temporales de cada cuadro (nivel), al simular el juego con el escenario y reglas de este ejemplo. (Figura 4)

9 El modelo (ENTRADA_SALIDA_CARGUEROS.MEV) fue construido con Evolución 3.5, el instalador de éste software, y el modelo para uso académico, se pueden descargar de la página del grupo SIMON de Investigación. www.uis.edu.co/portal/investigacion/grupos/simon_uis/simon.html#5, http://simon.uis.edu.co/websimon/software/indsoft.html

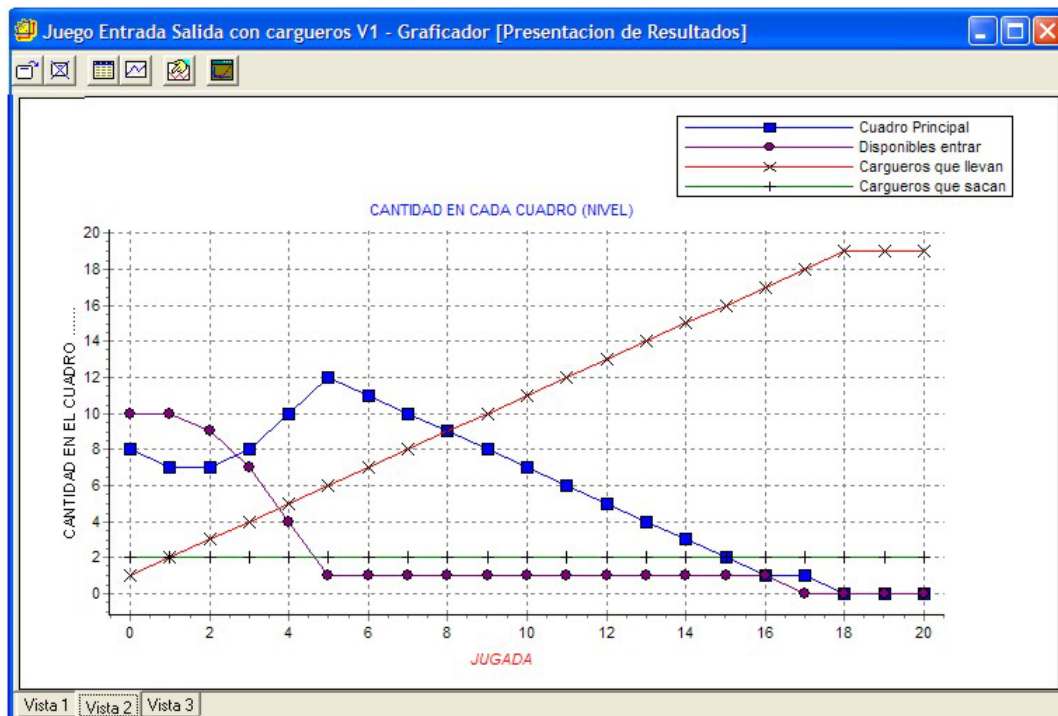


Figura 4: Trayectorias, jugada a jugada, de la cantidad en cada cuadro.

Otras reflexiones sobre el uso de este juego, múltiples escenarios, aprendizajes en diferentes áreas y aprendizajes en D.S y P.D.S, surgidas de las experiencias del grupo SIMON en las escuelas Colombianas, deben ser objeto de otros escritos.

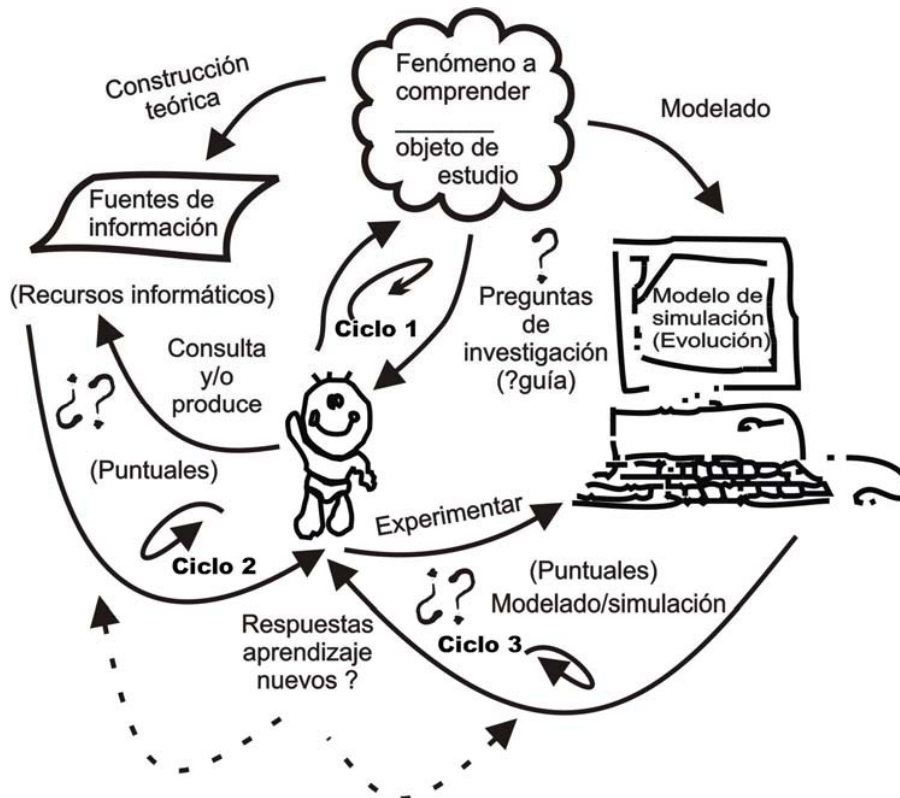


Figura 5: . Ambiente de actividades integradas con Dinámica de Sistemas

La idea de clase integrada que aquí se presenta, corresponde con la que el grupo SIMON ha planteado para llevar la informática a la escuela (Andrade, Gómez 2006), en la medida que integra varias disciplinas, teniendo como mínimo la informática y una más a la cual, generalmente, le es propia la situación problémica que motiva el aprendizaje; igualmente la clase integrada conlleva a un proceso que genera conocimiento en los temas de las disciplinas involucradas. Es de señalar, que en la idea común de clase integrada, la informática generalmente se asume como un instrumento o un medio que facilita la presentación de los temas de estudio y no siempre como un recurso para la construcción de conocimiento, como sí es el caso de la propuesta de clase integrada con D.S, (sintetizada en la Figura 5.)

Generalmente, un software para la educación esconde una propuesta educativa y un enfoque pedagógico, bajo los cuales los desarrolladores lo han construido de manera consciente o inconsciente; además, cuando se usa algún recurso para apoyar el aprendizaje escolar, la manera como se utiliza promueve una idea (modelo mental) de la educación y en particular del aprender (aunque no lo formule explícitamente). La idea de educación y aprendizaje (Andrade y Navas, 2002 pp. 3-9) en esta propuesta de actividades integradas con D.S, corresponde con lo planteado en la propuesta de Micromundos de simulación para el Aprendizaje de Ciencias de la naturaleza (Proyecto MAC) (Andrade y Navas, 2003) y en la propuesta de los Micromundos de Aprendizaje Dinámico Sistémico (MADS) (Navas 2006 pp, 90-134).

En la Figura 5, se esquematiza el concepto y la dinámica de operación en las clases integradas con D.S. Este esquema se puede leer de la siguiente manera:

- En la historia de la humanidad, se han desarrollado diversas construcciones teóricas (explicaciones) que se han almacenado en lo que llamaremos fuentes de Información. Así mismo se han construido modelos matemáticos y algunos de ellos facilitan la simulación del fenómeno en estudio.
- En el presente, una comunidad o un sujeto (clase, profesor, estudiante) establece una relación con un fenómeno u objeto de estudio que es de su interés, y como resultado de dicha relación, surgen preguntas de investigación (generalmente preguntas abiertas, generales y que para responderlas demandan un proceso de aclaración de la pregunta misma y de formulación de preguntas puntuales, más específicas). El sujeto interactúa con el fenómeno procurando comprenderlo para responder su pregunta, pero no siempre dicha interacción es suficiente para lograr la respuesta. Buscando ampliar las posibilidades de comprensión y respuesta, el sujeto, en un ejercicio de lectura reflexiva, interactúa con las fuentes de información, en una relación de consulta y/o producción, obteniendo aprendizajes, respuestas a preguntas puntuales, aportes a la pregunta de investigación y nuevos interrogantes; a este tipo de interacción es el que más comúnmente se está acostumbrado en el ambiente escolar y para éste puede ser de gran utilidad el apoyo informático de la Internet.
- No siempre la interacción con el fenómeno y con las fuentes de información es suficiente para respondernos la pregunta de investigación con un nivel de comprensión y aprendizaje profundo (Andrade, Navas 2002). A fin de enriquecer este proceso de comprensión y aprendizaje, el sujeto puede establecer una relación con el modelo de simulación (en un ejercicio de modelado y/o experimentación simulada) mediante el cual puede lograr procesos de aprendizaje formal y profundo (duradero), como la obtención de nuevos aportes para la respuesta a la pregunta de investigación. Así, en un proceso continuo en el cual se repiten los ciclos señalados en la Figura 5, generando aportes que se complementan y se integran en el aprendizaje, en la producción y en los nuevos interrogantes, se avanza en el proceso de aprendizaje formal que transforma los modelos mentales del estudiante logrando un aprendizaje duradero.

Una clase integrada con la D.S, se da en la medida en que el profesor y los estudiantes desarrollan una dinámica de aprendizaje según el esquema de la Figura 5. En este contexto, la informática no sólo aporta hardware y software como instrumentos de trabajo, sino que aporta útiles de modelado que constituyen lenguajes para recrear y experimentar con las ideas propias y ajenas. Es de aclarar que, en algunos casos, los recursos informáticos pueden estar presentes facilitando la relación con las fuentes de información, de la misma manera como están facilitando el proceso de modelado y simulación.

A partir del concepto de actividad integrada, que sintetiza la Figura 5, a continuación se presenta un esquema guía para el diseño de actividades integradas con D.S.

Diseño de clases integradas con Dinámica de Sistemas

Asumiendo la idea general de las clases integradas, descrita en el apartado anterior, a continuación se propone un esquema guía, que puede ser útil para desarrollar una clase integrada con D.S. en particular. En la medida que se muestra el esquema, se explican sus elementos fundamentales que igualmente se aprecian en la Figura 5. Es de aclarar que este esquema no incluye todo lo que debe contemplar el diseño propiamente de una clase, por ejemplo, aquí no se han contemplado objetivos

temáticos, competencias o estándares, según lo que cada uno contemple en su ambiente escolar.
Los recursos necesarios para el desarrollo de la clase pueden estar de manera integrada en un software como los Micromundos de simulación para el Aprendizaje de Ciencias de la naturaleza (MAC), o se pueden asumir de manera independiente y los integra el usuario mismo.

Como mínimo se debe disponer de:
- ✓ La temática, situación problema, fenómeno o asunto a estudiar.
- ✓ La pregunta guía de investigación sobre el asunto de interés.
- ✓ Un conjunto de preguntas puntuales que orientan el estudio y motivan el uso de algunas fuentes, precisión en conceptos y experimentos en escenarios específicos.
- ✓ Fuentes de información alrededor del asunto.
- ✓ Un modelo o un micromundo de simulación[10] sobre el tema. Si no se posee el modelo si, al menos, el software útil para desarrollarlo.
- ✓ Diseño de experimentos que le sirven al estudiante para que construya su respuesta a la pregunta guía.
- ✓ Software para operar con los anteriores útiles. Como: Evolución, Un MAC o un MADS, (Navas 2006 pp. 90-134).

Esquema-Guía para aportar al diseño de las clases integradas con la D.S.

A continuación se presenta el esquema-guía, que sitúa y explica con más detalle, cada uno de los recursos mencionados. Una clase se puede desarrollar en un ambiente en el cual los estudiantes organizados, preferiblemente en colectivos, van desarrollando lo siguiente:

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN, PREGUNTA GUÍA:
Partiendo de la importancia de que el estudiante identifique sus modelos mentales[11] acerca del fenómeno en estudio y además con la idea de motivar y guiar el estudio; se propone lo que se ha denominado pregunta guía. Consiste en una pregunta abierta que cubre un amplio tema para estudio e investigación y que a su vez delimita y orienta la tarea investigativa. Es una pregunta generalmente sin datos (se distingue claramente de lo que comúnmente se denomina un ejercicio) y que para lograr una respuesta, requiere un amplio estudio, interactuando en los tres ciclos descritos en la Figura 5. Esta pregunta pretende hacer explícitos los modelos mentales del sujeto para, al mismo tiempo, motivar un proceso de estudio conducente al cambio (aprendizaje) de dichos modelos y a la formalización de los mismos.
Pregunta Guía
¿____?
Respuesta/:
____

LECTURA REFLEXIVA DE FUENTES DE INFORMACIÓN

Al hacerse explicita una primera idea del modelo mental del aprendiz, en la respuesta a la pregunta guía, se establece un punto de partida para iniciar un acercamiento al fenómeno, con el fin de que el estudiante aprenda más acerca del mismo, logre la

10 Para Romme (2002) el objetivo principal para el uso de micromundos de simulación como herramienta para la educación es motivar y llevar a los estudiantes hacia una comprensión más profunda y más integrada.
11 Nuestro estado de entendimiento de un fenómeno está representado por la imagen o modelo mental que de éste nos hacemos.

reformulación de su modelo mental y con esto, desarrolle un proceso dirigido de aprendizaje. Para aportar en este proceso, se recurre a diversas fuentes de información como libros, artículos, Internet, enciclopedias, entre otros y se orienta al estudiante para que los consulte en una lectura reflexiva, en procura de encontrar elementos que le aporten a su investigación.

Fuentes Bibliográficas:
Páginas Web: ____
Libros: ____
Artículos: ____

Se formula nuevamente la pregunta guía para determinar si, con la utilización de las fuentes, el estudiante logró cambios en la respuesta y para seguir motivando la búsqueda de la comprensión del fenómeno en estudio. En este caso el estudiante trabaja a partir de la respuesta anterior, corrigiéndola y complementándola. Es aconsejable que el profesor pueda disponer de la información de cómo fue cambiando la respuesta, de esa manera, podrá apreciar el aprendizaje (cambio) y el papel que jugó cada actividad.

Pregunta Guía: ____?
Respuesta/:
____

PREGUNTA PUNTUAL.
Con el ánimo de profundizar en un concepto, motivar la experimentación simulada, el desarrollo de un experimento o una consulta bibliográfica en particular; se plantea otro tipo de pregunta denominada "Pregunta Puntual", que, además le aportará elementos para mejorar la respuesta de la pregunta guía:

Pregunta Puntual:
¿____?
Respuesta/:
____

MODELADO Y SIMULACIÓN
Para motivar el espíritu crítico e investigador del estudiante, él mismo puede acceder a un modelo dinámico sistémico con las diferentes formas de representación que utiliza la D.S como son: lenguaje en prosa, diagrama de influencias, diagrama de flujo-nivel, ecuaciones del modelo y comportamiento del fenómeno (Andrade y otros, 2001, pp 238-241). La comprensión del modelo y la simulación, le permitirá ver de una manera diferente, una síntesis de los planteamientos teóricos de diversas fuentes, mostrándole al estudiante las relaciones que existen entre los distintos elementos que conforman la explicación del fenómeno y que, de esta manera, conozca qué está rigiendo los experimentos simulados que realiza. Para apreciar la comprensión del modelo, en una u otra de sus representaciones (lenguajes), se recomienda formular otra pregunta puntual.

Pregunta Puntual:
¿____?
Respuesta/:

EXPERIMENTOS
Para apoyar y complementar los contenidos antes consultados y con el fin de poner en práctica los conceptos teóricos estudiados, se diseñan los experimentos. Con éstos el

profesor pretende que el estudiante tenga una vivencia que le permita percibir nuevos elementos para su aprendizaje centrado en la pregunta guía.
El diseño debe contemplar una descripción detallada del experimento, sus objetivos, metodología y preguntas por contestar. Con base en la experimentación simulada, el estudiante complementa sus respuestas anteriores, tanto de la pregunta guía como de las preguntas puntuales.
Este proceso debe repetirse, tantas veces como sea necesario, para que el estudiante construya y reconstruya su conocimiento.

Pregunta Guía: ¿____?
Respuesta/:
____

Ejemplo de una clase integrada con la D.S:

Objetivo: Comprender la explicación científica del fenómeno de cambio de estado de una sustancia y apreciar su utilidad en el mundo cotidiano.

Pregunta Guía: ¿Cómo debemos cocinar de tal forma que ahorremos energía y por qué?
Respuesta a la pregunta guía: ___________________________

Preguntas Puntuales:
Haciendo uso de las diferentes fuentes de información y del modelo de D.S. para simular el cambio de estado, responda las siguientes preguntas.
-¿Por qué cambia la temperatura de una sustancia?
-¿En qué se diferencian los conceptos de calor y temperatura?
-¿Cuál es el efecto de suministrar calor a una sustancia?
Respuestas de cada pregunta puntual: ___________________________

Experimento 1:
Usted tiene a disposición un modelo de D.S.[12] para simular el cambio de estado de una sustancia: Con un escenario en el cual la sustancia es el agua y usando "Evolución", responda, apoyado en experimentos simulados, la siguiente pregunta:
- Al observar las representaciones gráficas durante la simulación e incrementar el calor que se está suministrando, ¿Cómo aprecia en éstas el efecto de dicho aumento (de calor)? De la misma manera, ¿Qué observa al disminuir el calor y a qué valor cree que disminuyó el calor, por qué?
Respuesta a la pregunta del experimento: ___________________________

Preguntas Puntuales:
Haciendo uso de las diferentes fuentes de información o del modelo de D.S. para simular el cambio de estado, responda las siguientes preguntas.
-¿Siempre que aplicamos calor a una sustancia, ésta incrementa su temperatura?
-¿Qué se hace el calor cuando no incrementa la temperatura de la sustancia a la cual se le suministra?
Respuestas de cada pregunta puntual: ___________________________

---
12 La página del grupo SIMON de Investigación donde encontrará el modelo y Evolución para este experimento es : http://www.uis.edu.co/portal/investigacion/grupos/simon_uis/simon.html#5, http://simon.uis.edu.co/websimon/software/indsoft.html

Experimento 2:
Usted tiene a disposición un modelo de D.S. para simular el cambio de estado de una sustancia: Con un escenario en el cual la sustancia es el agua y usando "Evolución" ,responda, (apoyado en experimentos simulados) la siguiente pregunta:
-Si usted tiene un poco de agua y es muy limitada su fuente de calor (poca leña, poco gas u otro combustible) y necesita cocinar urgentemente una carne muy dura ¿Cómo operaría el proceso con el modelo de simulación de cambio de estado, en el cual no se presentan pérdidas de calor (cocina ideal)?.
Respuesta a la pregunta del experimento: ___________________________

Respuesta a la pregunta guía: ___________________________

Preguntas Puntuales:
Haciendo uso de las diferentes fuentes de información y del modelo de D.S. para simular el cambio de estado, responda las siguientes preguntas.
-¿Cómo es la trayectoria de la temperatura, con relación al calor suministrado a X masa de una sustancia?
-¿Qué otros conceptos son útiles para comprender la explicación científica del fenómeno de cambio de estado?
Respuestas de cada pregunta puntual: ___________________________

Respuesta a la pregunta guía: ___________________________

Recomendaciones para el diseño y aplicación de actividades integradas con la D.S

Al llevar la D.S a la escuela es importante considerar que el desarrollo de las actividades integradas debe aportar: Al uso de la D.S para el aprendizaje, al dominio del lenguaje de la D.S y al desarrollo de las formas de pensamiento (ver numeral 1.4.2.1), lo cual a su vez aporta al dominio del paradigma dinámico sistémico.

El diseñador de cada actividad integrada, debe preguntarse por los propósitos que pretende al desarrollar dicha actividad y contemplar el aprendizaje de las áreas y los tres componentes de formación, es decir, qué aportes se espera que el usuario obtenga en la formación y aprendizaje de la disciplina con la cual se hace la integración (ciencias, historia o cualquier otra); en la formación y dominio del pensamiento dinámico sistémico, dominio de una u otra de las formas de pensamiento dinámico sistémico; y en la formación y dominio de la misma D.S.

Cabe señalar que con un mayor dominio del P.D.S y de la D.S, el estudiante logrará un uso más profundo de la actividad integrada, diseño o ejecución de mejores experimentos, mejor comprensión de los resultados de simulación, uso de la simulación con mayor conciencia de sus aportes en la formación y el aprendizaje; además, de una mayor conciencia de la relación modelo – fenómeno, que le permitirá comprender la mediación del modelo, las posibilidades y las limitaciones del mismo.

El nivel de dominio del P.D.S y la D.S, junto a la comprensión básica del fenómeno objeto de estudio, determinará el aporte de la actividad integrada y la complejidad de las preguntas guías y de las preguntas puntuales que se puedan proponer en una aplicación concreta de dicha actividad.

Para usar conscientemente una actividad integrada, el orientador (el profesor o el estudiante cuando la ejecuta sólo o en grupo), debe comprender la explicación del fenómeno y cómo se recrea con el modelo, es decir, el modelo en prosa (en ocasiones

ampliado). Entre menor comprensión y capacidad de lectura tenga el usuario del modelo en sus cinco lenguajes (Andrade y otros, 2001, pp 238-241), mayor comprensión requerirá del modelo en prosa y por consiguiente, de las posibilidades y limitaciones del modelo para recrear el fenómeno. A partir de la explicación básica que se asume; esa comprensión determinará el uso de los animadores (simuladores) y ese uso ampliará y profundizará dicha comprensión.

Todo lo anterior deja ver que una misma actividad integrada, o un mismo modelo, pueden estar orientados hacia diversos aportes y con usuarios de diferentes niveles de formación y grados, por profesores de diferente nivel de formación y dominio del fenómeno que se recrea, de la D.S y del P.D.S. Es decir, el uso final de la actividad lo determina el contexto escolar en el que se aplique. A su vez, el diseño de la actividad debe permitir la mayor flexibilidad posible para su adecuación a los diferentes contextos de aplicación (preguntas de diferente nivel de complejidad, modelo en prosa ampliado y en diferentes prototipos, explicaciones adicionales de las posibilidades de los animadores, etc.)

Además, de las anteriores orientaciones, para diseñar y aplicar una buena actividad integrada es aconsejable tener presente que:

- La actividad integrada debe mejorar el plan de estudios actual. Debe proporcionar a los profesores una manera más efectiva, atractiva y lúdica de enseñar lo que ya están enseñando. Los profesores están ocupados con un plan de estudios lleno de temáticas, hay que mostrarles que una buena actividad integrada con D.S beneficia a sus estudiantes, sin adicionarle más carga. Usualmente cuando los profesores ven lo entusiasmados que están sus estudiantes usando el enfoque dinámico sistémico, terminan convencidos de sus méritos.
- La idea para una buena actividad, muchas veces viene de un profesor que reconoce una posible aplicación de la D.S en una actividad actual. Cuando es así, las actividades llenan una necesidad percibida en el plan de estudios y los profesores se apropian de éstas fácilmente. Esto no niega que la actividad surja del promotor o tutor, que, conociendo el contexto escolar, identifica lo conveniente para el mismo.
- Una buena actividad con D.S tiene un componente práctico que ayuda a los estudiantes a ir de lo concreto (fenómeno) a lo abstracto (modelo). Los estudiantes aprenden haciendo. En una actividad efectiva, el uso de las herramientas de D.S debe fluir directamente desde la actividad concreta. Por ejemplo, cuando los estudiantes cuentan y grafican con fríjoles para aprender acerca del crecimiento exponencial, juegan a la difusión de una “enfermedad” antes que usen un modelo de D.S. o cultivan una planta para luego usar un modelo de D.S sobre dicho fenómeno. Estas vivencias previas son muy aconsejables, pero hay que tener presente que no siempre se pueden desarrollar directamente, en estos casos se pueden usar videos u otros recursos.
- Las actividades de y con D.S se deben adaptar al nivel de desarrollo de los estudiantes y profesores. La D.S en la escuela aún está en su inicio, por esto, formular un propuesta para promover, en una secuencia apropiada, las habilidades de la D.S, adecuadas para cada edad y grados escolares, es aún un problema de investigación y que a menudo, en la practica, se resuelve a prueba y error. En ocasiones se diseña una actividad integrada con D.S para un nivel y después de ponerla en práctica hay que moverla a un grado menor o superior, para encontrar dónde se acomoda mejor. Aunque se defina una manera apropiada para usarla en un grado X, una misma actividad puede

usarse en diferentes grados de maneras diferentes, jugando un papel apropiado al grado. Además, en algunos casos, en una actividad podrían participar estudiantes de diferentes grados.

- Debe ofrecer dos clases de aprendizaje: contenido de aprendizaje del plan de estudio y habilidades del P.D.S (formas de pensamiento), junto con el dominio de la D.S. El objeto principal es ayudar a los estudiantes a pensar profundamente acerca de Ciencias, Sociales, Literatura, Matemática, etc.; las herramientas de D.S ayudan en ese proceso. Sin embargo, los estudiantes también necesitan pulir sus habilidades en D.S para que cada día puedan usar las herramientas con más efectividad.
- Debe ser sostenible por si misma: Si la actividad integrada con D.S reúne características como las mencionadas, se espera que los profesores estén dispuestos a adoptarla y a tomar el enfoque como parte integral de su plan de estudios, sin la ingerencia del promotor.
- Se debe priorizar el enfoque y los propósitos de las actividades integradas frente a los instrumentos con los cuales se desarrollan (en "papel" o en los MADS, por ejemplo)

1.5.2.1.2 Recursos para las actividades integradas en la escuela

La actitud de los profesores, estudiantes y demás miembros de la comunidad escolar, su disposición para asumir la D.S siempre será lo más importante, pero los recursos son necesarios y facilitarán las actividades.

- ✓ Se necesita una sala con equipos de cómputo en las escuelas, teniendo presente la realización de un mantenimiento preventivo periódicamente, esto por el uso que los estudiantes hacen de los equipos. En cuanto a la cantidad de equipos depende del número de estudiantes, es bueno que los estudiantes trabajen en parejas. Estos computadores deben estar en red para que los estudiantes puedan mostrar sus trabajos y conocer los de los demás. Así mismo, si la institución posee conexión a Internet, profesores y estudiantes pueden comunicar sus experiencias e investigar sobre otras que se estén desarrollando. Otro aspecto importante, es que frente al hecho de que el profesor en la escuela tiene muy poco tiempo para practicar sus habilidades y producir los materiales de apoyo, es aconsejable que pueda disponer de un computador en casa.
- ✓ Se requiere un proyector de la imagen del computador. A menudo un maestro puede enseñar a toda una clase, usando un computador y un dispositivo de proyección.
- ✓ Es indispensable tener la licencia del software que se esté usando para trabajar con D.S. A nivel internacional se encuentran software como: STELLA, PowerSim y Vensim[13]. Pero la licencia de estos software tienen un costo. A nivel latinoamericano se encuentra Evolución (Cuellar y Lince, 2003) que tiene licencia gratuita para uso académico.
- ✓ Soporte técnico en las instituciones. De manera directa o con apoyos mediante Internet, la institución requiere soporte técnico para el uso de los recursos de cómputo y software.
- ✓ Además, hay que tener presente que muchos recursos, útiles para apoyar las actividades, están a disposición de la escuela, como los necesarios para los juegos y para las experiencias reales.

---

13 STELLA from High Performance Systems, Hanover, NH; PowerSim from the PowerSim Coporation, Reston, VA; and Vensim from Ventana Systems, Belmont, MA.

1.5.2.2 Recomendaciones pensando en los promotores.

Al pensar desde la perspectiva de los promotores, se considera que ellos deben tener presente dos cosas en general, qué hacer y qué no hacer. Estos dos aspectos se irán aclarando e enriqueciendo en la medida de la reflexión sobre las experiencias con las escuelas.

Qué hacer:

Tener siempre presente toda la propuesta que guía la difusión de la D.S en la escuela, pero tenerla presente con un enfoque de investigación-acción, es decir, en una dinámica de aplicación, formulación y reformulación permanente. La propuesta siempre es una guía no acabada, la cual proporciona un conjunto de recomendaciones que se deben aplicar según la situación concreta de cada uno de los espacios sociales y escolares.

El promotor debe actuar como un pensador sistémico, ser capaz de ver el mundo con los ojos del otro (profesor, estudiante, directivo padre de familia, agente de gobierno, empresario y demás), esto le guiará en su relación con el otro, como otro válido y determinante en los propósitos de integrar la D.S a la cultura escolar.

El promotor debe tener presente que él es circunstancial, llegará el momento que no podrá estar en la escuela, así que debe orientar y apoyar pero no crear dependencia de si mismo, el objetivo es que la escuela autónomamente desarrolle un proyecto apoyada en el P.D.S y en la D.S. Es decir, el promotor no debe olvidar que es, un promotor.

Qué no hacer:

Según Ann Arbor, coordinador regional de la fundación Waters[14], no se puede presionar a los profesores y administradores a que acepten cambiar de enfoque rápidamente, sólo el progreso llega cuando se trabaja dentro del sistema y se ayuda al personal escolar a hacer propio el proceso de cambio.

Si se llega a una escuela con todas “las respuestas” y esperamos ver un cambio inmediatamente, no se logrará progreso alguno. Si somos abiertamente críticos del sistema actual, los profesores y administradores se ofenderán porque ellos trabajan muy duro para ayudar a sus estudiantes, por lo tanto no escucharán. Si nos acercamos a la escuela más positivamente pero no construye primero la confianza, los profesores y los administradores nos pueden escuchar, pero no adoptarán nuestras ideas. Si no se demuestra a los profesores que este enfoque puede ayudarles a enseñar lo que ellos ya están enseñando y se ilustra cómo hacerlo, no cambiarán sus propios métodos (han trabajado durante muchos años sin P.S, entonces para que hacerlo ahora, si esto les demanda más trabajo y tiempo, les demanda cambiar). Si esperamos que los profesores aprendan rápidamente D.S, lo único que lograremos es que se frustren y se agobien terminando rendidos completamente. (Lyneis y Fox-Melanson, 2001)

Además, de qué hacer y qué no hacer, es muy importante que los promotores tengan presente las siguientes recomendaciones sobre la formación e información de profesores y comunidad, así como actividades puntuales que pueden promover con el aporte de diferentes colaboradores.

14 Fundación creada por Jim y Faith Waters, la cual apoya la educación en D.S en una docena de distritos de los EEUU http://www.watersfoundation.org/

1.5.2.2.1 Formación e información de profesores y comunidad

Formación e información de los profesores

- ✓ La formación es una necesidad crucial. La D.S es un lenguaje nuevo para todos, por lo tanto todos necesitan formación. La calidad de las jornadas de formación determina qué bien y cuánto tiempo los profesores continuarán aprendiendo e integrando la D.S en el currículo. También determina cómo este cambio en la educación será percibido por el público, sobre todo si la calidad de la educación se disminuye por una formación inadecuada.
- ✓ El modelo mental de las jornadas de formación ha cambiado a través de los años. Al principio la preocupación fue enseñarle a los profesores a construir modelos con D.S, lo cual hacía la jornada agobiante y extenuante. Esta jornada presionaba mucho a los profesores, demandaba un gran esfuerzo tanto para los tutores como para los participantes y no se lograba el objetivo principal, llevar la D.S al salón de clase. Ahora, la preocupación es que desde el inicio del año escolar, o desde los primeros pasos de la formación, los profesores trabajen con sus estudiantes actividades integradas con D.S. Para esto, el objetivo principal de las jornadas es que el profesor encuentre en la D.S y el P.S algo que le aporta en su hacer docente, que le enriquece y le facilita su labor; más tarde irá descubriendo que, además, este aporte le permite innovar, pensar y hacer lo que no podía pensar, ni hacer antes.
- ✓ La D.S no es un lenguaje a dominar en corto tiempo, por lo tanto hay que dedicarle esfuerzo con disciplina y paciencia, así como también una buena formación y continuidad en el trabajo. Educarnos en D.S no es sólo aprender a construir modelos, Faith Waters considera que las jornadas de formación deben empezar por leer, entender y construir gráficas de comportamiento, diagramas de influencias y de flujo nivel. Los maestros deben aprender a usar D.S en su plan de estudios antes de empezar a modelar. Para Jeff Potash y John Heinbokel del centro de Waters de la Universidad de Trinidad de Vermont en Burlington, expresan que “antes de construir modelos realmente, los profesores deben ver cómo los modelos aplican a su currículo, jugar con pequeños modelos y aprender sobre las estructuras genéricas y la transmisibilidad”. A su vez, George Richardson de la Universidad de Rockefeller de Asuntos Públicos y Política de la Universidad a Albany, Nueva York, opina que un profesor puede desanimarse y sentirse incómodo e incompetente, si creemos que él debe construir modelos desde un principio.
- ✓ Aunque se aprecia que se logra un aprendizaje más profundo si se construye y usa sus propios modelos de D.S, para profesores y estudiantes igualmente, no es realista esperar que todos consigan llegar a ese nivel y menos a corto plazo. Se necesitan profesores con buenas habilidades para modelar, pero en la fase inicial presionar seria impedir que muchos de ellos ingresarán a las jornadas de formación. Hay que apoyarlos para que vayan a su propio ritmo, así llegarán más lejos. Además, hay que ser consciente que existe una gran diferencia entre las habilidades de D.S y las que comúnmente poseen los profesores. Esto aplica tanto a profesores, al sistema educativo como a la educación en su conjunto. Hay que recordar que el desarrollo de habilidades toma tiempo.
- ✓ Las jornadas de formación no sólo involucran el aprendizaje de los elementos fundamentales de la D.S. Hay otra pieza esencial, la pedagogía: ¿Cómo se debe enseñar estas habilidades a los niños? Los profesores son los expertos en este aspecto. Pero necesitan tiempo y apoyo para elaborar las estrategias adecuadas para enseñar a sus propios estudiantes. En este sentido, las propuestas de actividades integradas con D.S así como en general la propuesta de los MAC y los MADS constituyen un aporte que se integra a las experiencias internacionales que siempre hay que estar siguiendo.

- ✓ Hay que motivar a los profesores para profundizar su formación, para esto puede ser útil que los más interesados se inscriban en un curso sobre D.S, ya sea presencial o a distancia. A nivel internacional, el MIT ofrece un curso a distancia llamado "El Proyecto de Educación en D.S" con la dirección de Jay Forrester. Para tal fin, han producido Road Maps[15,] una serie de lecciones teóricas y prácticas de la D.S.
- ✓ Un paso más allá de Road Maps es el grupo de estudio del MIT, "Programa de estudio guiado" (SEP por sus siglas en inglés), el programa a distancia se dirige por correo electrónico (http://sysdyn.mit.edu). El programa va de septiembre a junio y Road Maps cubre con lecturas adicionales y asignaciones semanales. Cada participante trabaja con un estudiante tutor del MIT y dirigido por Jay Forrester. Este programa requiere un compromiso de por lo menos quince horas por semana.
- ✓ Al orientar el proceso de formación de los profesores es aconsejable tener presente algunas barreras que, para el llevar la D.S a las escuelas, se apreciaron en las actividades de campo que se desarrollaron en el convenio CPE-UIS. Teniendo en cuenta que esta experiencia se desarrolla en el marco de un proyecto de llevar el computador a las escuelas públicas de Colombia, algunas de las barreras están relacionadas, en general, con el uso del computador y otras con limitaciones de formación docente, como:
  - Aún los temores al uso del PC, los profesores no tienen mayores dificultades para el uso del software de D.S (en este caso Evolución 3.5) y al tener las primeras experiencias de simulación, reconocen el significativo aporte que les puede suministrar en sus actividades escolares.

  - La principal barrera que se aprecia al iniciar la experiencia, es la poca capacidad de los profesores para la elaboración y lectura de gráficas (XY), que describen el comportamiento de las variables de un fenómeno en consideración. Esta limitación está asociada con dos factores, uno la formación matemática necesaria y otra la poca familiaridad con el pensamiento dinámico.

  - Los profesores están acostumbrados a relacionar la matemática con las operaciones, pero no con la construcción de explicaciones sobre fenómenos de interés. Relacionan la matemática con el área respectiva y no aprecian el cómo puede contribuir a una formación de efecto transversal, útil para todas las demás áreas, apoyando la construcción de explicaciones científicas. Para que aprecien el aporte a todas las áreas, se requiere presentarles modelos particulares para cada una, mostrándoles el aporte para el aprendizaje de temáticas particulares. Los temores tradicionales a la matemática, no deja de constituir una barrera para que los profesores se dispongan a usar un recurso que aprecian útil para apoyar su actividad académica.

  - La idea de un conocimiento dado por los libros y de unos programas limitados a esa información, junto a prácticas pedagógicas predominantemente conductistas, entran en choque con una propuesta de construcción de conocimiento, de elaboración y uso de modelos que pueden superar la información del libro.

  - Con la experiencia del juego de la epidemia, se apreciaron dificultades para distinguir entre contagiados (acumulado) y contagio (contagiados en cada jugada). En general, dificultad para distinguir el acumulado de su cambio, lo cual implica limitaciones para distinguir los flujos de los niveles y su relación.

15 Disponible, en el website, http://sysdyn.mit.edu.

- En ocasiones los profesores manifiestan cierta incredulidad frente a los resultados de la experimentación simulada y a la posibilidad de que, ellos y sus estudiantes, interpreten, con la ayuda del modelo, la complejidad de un fenómeno.

- Se presenta incertidumbre y cierta insatisfacción por la ambigüedad (aproximación) que se manifiesta en el proceso de modelado con D.S y por abandonar la seguridad de las fórmulas que tradicionalmente asumen de los libros.

- Parcelación del conocimiento, generalmente los programas escolares están divididos por áreas y son pocos los casos en los cuales se asumen proyectos integradores. Generalmente el objetivo es el área en particular con ejercicios o preguntas puntuales que no contemplan el fenómeno y contexto al cual pertenecen.

- El conocimiento generalmente se asume como dado por las fuentes teóricas, aislado de los fenómenos que le dan sentido y dinámica.

- Reconocen la D.S como muy apropiada para asumir plenamente un enfoque pedagógico de construcción y reconstrucción de conocimiento. Igualmente, intuyen la exigencia personal que implica asumir una propuesta de este tipo.

Formación e información a la comunidad

Los promotores deben mantener informada a la comunidad y algunas maneras de hacerlo son:

- ✓ De ser posible, descríbale a las autoridades municipales o departamentales, los objetivos del proyecto y los logros alcanzados.
- ✓ Mantenga informado al consejo escolar sobre las actividades que los profesores están desarrollando en pro de incluir la D.S en el plan de estudios; así mismo, comente los logros obtenidos durante el proceso.
- ✓ Escribir periódicamente artículos para el periódico local, explicando qué están haciendo los estudiantes con D.S. Enriquezca el artículo con fotografías y comentarios de profesores y estudiantes.
- ✓ Asista a las reuniones de padres de familia de la escuela y presente los logros obtenidos por estudiantes del trabajo realizado con D.S, siempre mostrando evidencia de las experiencias. Esto puede parecer trivial, pero es muy influyente.
- ✓ Ayude a los estudiantes a que usen sus habilidades en un problema de la comunidad local.
- ✓ Promueva actividades como ferias escolares donde los estudiantes muestren sus trabajos a la comunidad, con esto se les hace un reconocimiento a ellos y aumenta el conocimiento público de las labores que desarrolla la institución.
- ✓ Colabore con la formación de grupos de expertos locales para aconsejar a los estudiantes en sus proyectos. Los estudiantes construyen modelos. pero no siempre pueden encontrar la información que necesitan. Para ellos es motivador poder consultar a personas expertas en un área sobre la problemática en estudio. A menudo estas personas se impresionan con las preguntas tan profundas que realizan los estudiantes.
- ✓ Ayudar a los profesores a transcribir sus ideas al plan de estudios para la publicación. Esto ayuda a profesores a refinar y registrar su progreso. También para compartir su trabajo con la comunidad y con otros profesores.

- ✓ Promueva diversas maneras para mantener la comunicación entre la escuela y su comunidad. Mantenga a la comunidad informada e inmersa; escuche sus preocupaciones y consejos.
- ✓ Invite a las clases y a las reuniones de promulgación o ferias escolares, donde se dan a conocer los trabajos de la escuela, a personas retiradas o jubiladas, quienes pueden colaborar en el desarrollo del proyecto.

1.5.2.2.2 Actividades puntuales de apoyo, con el aporte de diferentes colaboradores.

La prudencia de tener paciencia y proceder despacio (en su justa medida) no significa desalentar la participación en las escuelas. Hay muchas maneras para que los expertos en D.S y en general los que comparten el proyecto de llevar la D.S a la escuela, hagan grandes y pequeñas contribuciones, tangibles e intangibles. A continuación se presentan algunas actividades puntuales, basadas en la experiencia internacional y nacional, las cuales aportan al desarrollo de la propuesta:

Difusión de información sobre P.S y D.S

Si usted es un profesor que trabaja con D.S en la educación, explíqueles a sus colegas los beneficios que trae para los estudiantes.

- ✓ Explíqueles donde pueden encontrar información sobre D.S y Educación. Por ejemplo en la página de la Fundación Waters[16] http://www.watersfoundation.org, del Creative Learning Exchange[17] http://www.clexchange.org, del Proyecto de Educación con D.S del MIT http://sysdyn.mit.edu , del grupo SIMON de Investigación http://simon.uis.edu.co, en RedEscuela (red apoyada por el grupo SIMON)
- ✓ Revise, descargue, traduzca e imprima artículos o materiales útiles en su escuela, de los sitios disponibles en internet, para darlos a profesores y administradores. En lo posible compártalos con otras escuelas por intermedio de las redes (por ejemplo en RedEscuela)
- ✓ Ofrezca instalar una biblioteca con libros y software de D.S, libros que incluyan temáticas del plan de estudio y otros materiales. La idea no es dar gran cantidad de libros a la escuela, sino que los utilicen en beneficio de toda la comunidad educativa.
- ✓ Gestione los recursos para enviar un equipo de profesores y administradores a eventos académicos, así como el congreso internacional, latinoamericano y colombiano de D.S, el congreso colombiano de informática educativa, la conferencia de verano del Creative Learning Exchange, entre otros. Estos son espacios donde la escuela puede presentar las ideas y experiencias de la D.S en la educación, consolidando su labor y aportando en la formación de Redes.

Demostraciones de la D.S

- ✓ Participe en la ejecución de una clase, y desarrolle una actividad integrada con D.S, teniendo en cuenta el grado y el área.

---

16 La Fundación Waters financia los sueldos de los equipos de mentores de D.S en las escuelas. Además, ha conseguido la dotación de equipos computacionales para las mismas, así como también ha patrocinado el entrenamiento a los mentores en cuanto a la D.S y talleres para maestros. Se está enfocando en solidificar las prácticas y mejorar las lecciones a través de los años, para hacerlas accesibles a los profesores y a cualquier otra escuela.

17 En 1991, John R. Bemis de Concorde, Massachussets, creó el Creative Learning Exchange (CLE), una organización sin ánimo de lucro para promover y soportar el uso, en la educación, de la D.S, en el aprendizaje centrado en los aprendices desde preescolar hasta el doceavo grado. El CLE recoge y distribuye materiales de plan de estudios de D.S desarrollados por maestros para otros maestros. Así mismo, publica un periódico llamado The Creative Learning Exchange y organiza una conferencia de verano para maestros cada año.

- ✓ No muestre la D.S como algo ajeno a los estudiantes, aplíquela a un problema que esté dentro del plan de estudios del grado y que sea significativo para todos.
- ✓ Trabaje en conjunto con el profesor.
- ✓ Los profesores deben tener presente que los estudiantes también pueden aportar, los mejores embajadores para la educación en D.S son los mismos estudiantes. Siempre que sea posible, hay que permitirles hablar sobre lo que han aprendido usando este enfoque. La educación con D.S es más fácil de mostrar en la acción que explicarla con las palabras.
- ✓ Como padre de familia, permita a sus propios niños que lleven el liderazgo. Si su niño está trabajando en un proyecto que podría ser explicado en el tiempo, con gráficas de comportamiento, diagramas de influencias, o incluso con un sencillo modelo, enséñele estas habilidades y motívelo para que presente lo aprendido en sus clase.

Aporte de los expertos y comunidades de D.S

Los expertos en D.S pueden jugar un papel importante en la formación y estímulo de los proyectos escolares, las siguientes son algunas recomendaciones para orientar a los expertos en este sentido:

- ✓ George Richardson manifiesta, particularmente a los profesionales de la D.S, que hay que descubrir qué necesitan los profesores y mostrarles que con D.S es mucho más fácil.
- ✓ Pueden repasar con los profesores las actividades integradas y los modelos para ayudarlos a explicar la D.S correctamente.
- ✓ Ofrecer apoyo y colaboración a los estudiantes que están trabajando sobre proyectos con D.S.
- ✓ Ofrecer a los profesores trabajar en conjunto para desarrollar modelos pertinentes para su plan de estudios.
- ✓ Comente con el profesor de su hijo, los logros que ha obtenido el niño. Los profesores necesitan estímulo.
- ✓ Si usa D.S en su trabajo, cuéntele a los profesores. A ellos les gusta saber que lo que están enseñando les será útil a sus estudiantes en el futuro.
- ✓ Ofrecer la D.S como un recurso para la escuela. No es necesario que un experto en D.S permanezca todo el tiempo en la escuela, pero tranquiliza a los profesores saber que pueden contar con alguien experto en el área para resolver dudas e inquietudes. Esta necesidad podría suplirse en parte con la creación de una red y con sitio en la Web de apoyo. (Jaimes, Jerez 2006) y (Castañeda, 2006)
- ✓ Participar como facilitador en las redes escolares de trabajo colaborativo, respondiendo inquietudes en los foros y apoyando los diferentes proyectos. Este papel lo pueden jugar expertos que están laborando en la industria, profesores, estudiantes de maestría y doctorado y hasta buenos estudiantes de pregrado que desarrollan trabajos de grado con D.S.
- ✓ Las comunidades de D.S. Comunidad Colombiana, Latinoamericana, de otras regiones del mundo e internacional, deben reconocer que el proyecto de llevar la D.S a las escuelas constituye un elemento estratégico para el desarrollo de la D.S y sus comunidades. Este reconocimiento se debe traducir en acciones como:
    - o Motivación permanente para que todos sus miembros participen de una u otra manera es el proyecto.
    - o Crear espacios destacados en sus órganos de difusión, revistas, sitios en la Web y demás.
    - o Organizar espacios especiales en sus eventos para que expertos, profesores y estudiantes den a conocer sus propuestas y trabajos.

- Aportar económicamente o subsidiar la participación de los profesores y estudiantes en los eventos de la comunidad.
- Organizar eventos, seminarios, talleres, foros y cualquier otro mecanismo que motivar, orientar y asesorar proyectos en las escuelas.

1.5.2.2.3 Herramientas software para apoyar las actividades escolares integradas con D.S:

Además de los computadores es indispensable que las escuelas cuenten con herramientas software especializadas, para desarrollar las actividades con D.S. Ya existen diferentes herramientas, pero las experiencias irán demandando nuevas y mejores, de esto los promotores deben ser muy conscientes. Esta propuesta asume y propone lo siguiente:

EVOLUCIÓN 4.0 (Machado y González, 2006): Es la herramienta software para el modelado y simulación con D.S., en español, que ha venido desarrollando el grupo SIMON en los últimos quince años. Esta herramienta está disponible en la Web, http://www.simon.uis.edu.co. Además, existen otras herramientas en inglés, como PowerSim, STELLA Ithink y Vensim, de las cuales en la Web están disponibles versiones de demostración.

Proyecto MAC: en el marco de lo que el grupo SIMON denominó proyecto MAC de primero a onceavo grado, se han desarrollado siete versiones de MACs dando cobertura a los grados de primero a once (Navas, 2006, pp 21-30). Estos MAC se han venido utilizando en las actividades escolares con muy buena receptividad de los profesores y han mostrado ser una buena propuesta para facilitar la integración de la D.S en los programas actuales de cada escuela. Los últimos desarrollos son MAC Primaria (Vera y Anaya 2006) y MAC Secundaria (Cala y Tasco, 2008). Además la experiencia de los MAC ha permitido formular el diseño de una herramienta que facilitará la generación de micromundos de simulación para apoyar el aprendizaje en cualquier área, denominada Micromundos de Aprendizaje con Dinámica de Sistemas - MADs.

RedEscuela (Jaimes y Jerez, 2006): en el marco del desarrollo del convenio CPE-UIS, se desarrolló el sitio Web ResEscuela que procura facilitar el trabajo colaborativo entre profesores en las diferentes temáticas del convenio, entre éstas la D.S. Al reflexionar sobre esta experiencia y otras similares a nivel internacional, se propuso el proyecto "Sitio web para apoyar el estudio y difusión de la Dinámica de Sistemas en la educación" (Castañeda, 2007).

1.6 REFERENCIAS

ANDRADE, Hugo, PARRA, Carlos (1998). Esbozo de una Propuesta de Modelo Educativo Centrado en los Procesos de Pensamiento. Cuarto Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Brasil.

ANDRADE, Hugo; DYNER, Isaac; ESPINOSA, Angela; LÓPEZ, Hernán; SOTAQUIRA, Ricardo. (2001). Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

_______________ y NAVAS Ximena. (2002). Ingeniería De Sistemas – Realidad Virtual Y Aprendizaje- Revista Ingenierías UIS. Revista Ingenierías UIS Bucaramanga Colombia, Mayo de 2002, Volumen 1, Número 1, ISSN 1657 - 4583.

_______________ y ______________. (2003). La Informática y el Cambio en la Educación. Una Propuesta Ilustrada con Ambientes de Modelado y Simulación con Dinámica de Sistemas: Proyecto MAC. Memorias del Primer Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Monterrey, México.

_______________ y ______________. (2005). Ideas para una Dinámica de Sistemas en la Educación desde el primer grado. Memorias del Tercer Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Cartagena Colombia.

_______________ y ______________. (2006). Una experiencia de difusión de la Dinámica de Sistemas en la educación de 1 a 11 grado. Hacia la construcción de una propuesta. Memorias del Cuarto Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Bogotá - Colombia.

______________ y GÓMEZ Luis. (2006). Tecnologías Informáticas en la Escuela. Convenio Computadores para Educar – Universidad Industrial de Santander. Ediciones UIS. Bucaramanga, Colombia.

_______________, MAESTRE Gina y GÓMEZ Merly. (2007). Posibilidades y Limitaciones para llevar la Dinámica de Sistemas a la esuela. Reflexión sobre una experiencia Colombiana. Memorias del Quinto Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Buenos Aires - Argentina.

BARNETT, S. Schools as learning organisations (1997). Comments made in LO14710 in reply to LO14416 on the Website for Learning Organisation Digest.

BETTS, F. (1992). How systems thinking applies to education. Educational Leadership. Vol. 50. No.3. pp.38-41.

CALA, Jenny y TASCO Jairo. (2008) Ambiente software apoyado en el modelado y la simulación para el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación básica secundaria y media vocacional. Un enfoque Dinámico- Sistémico. Tesis de Pregrado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.

CASTAÑEDA, Lilian. (2007). Sitio web para apoyar el estudio y difusión de la Dinámica de Sistemas en la educación. Tesis de Pregrado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Colombia.

CHECKLAND, Peter; HOLWELL, S. (1998) “Action Research: Its Nature and Validity , Systemic And Action Research”. Vol 12 No. 1, Pag 9-22.

CHURCHMAN, C. W.. “The System Approach”, Dell, N.Y., 1968.

CLEARY, R. (1992). Models as effective research tools. In D. M. Cavanagh, & G. M. Rodwell, (Ed’s.) Dialogues in educational research. Darwin, NT: William Michael Press.

CUELLAR Mario y LINCE Emiliano. (2003): Evolución 3.5 Herramienta Software para el Modelamiento y Simulación con Dinámica de Sistemas. Tesis de Pregrado. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

CLEMANS, P. (1996). Friendship Game Available from the Creative Learning Exchange website (http://www.clexchange.org) as SS1996-11FriendshipGame

FORRESTER, Jay. (1992). System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarten through 12th Grade Education. Road Maps .1. System Dynamics in Education Project. System Dynamics Group. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.

________________. (1994). Learning through System Dynamics as preparation for the 21st century. Systems Thinking and Dynamic Modeling Conference. USA, June.

FULLAN, M. (1996) Turning systems thinking on its head. Phi Delta Kappan. Vol.77. No.77. pp.420-424.

GLASS-HUSAIN William. (1991): Enseñanza de la Dinámica de Sistemas: Observando las epidemias. Road Maps 5. System Dynamics Education Project. Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology

JAIMES Zulma y JEREZ Judith. (2006). Extranet de apoyo a la formación y sostenimiento de redes interescolares orientadas por la universidad. Tesis de Pregrado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Colombia.

LITTO, Fredic (1996). Repensando la educación en función de los cambios tecnológicos y sociales y el advenimiento de nuevas formas de comunicación. Conferencia del Tercer Congreso Iberoamericano de Informática Educativa. Barranquilla, Colombia.

LYNEIS, D. (1995). Systems Thinking "in 25 Words or Less" The Creative Learning Exchange conference on system dynamics in education. Massachussets.

__________. (2000). Bringing system dynamics to a school near you. Suggestions for introducing and sustaining system dynamics in k-12 education. International System Dynamics Society Conference. Bergen, Norway August.

__________, FOX-MELANSON, D. (2001). The Challenges of Infusing System Dynamics into a K-8 Curriculum. International System Dynamics Society Conference. Atlanta, Georgia, July.

MACHADO Gesmán y GONZALEZ Cesar. (2006). Evolución 4.0 - Componente de inferencia difusa para Evolución 3.5. Tesis de Pregrado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

MCLEOD, R. J. (1997). The Management of change. Business Studies Review. Vol.3. No.2. pp.1-7.

_____________. (2002). A model for cultural change in schools: an evaluation of some new learning organisation methodologies. 20th International System Dynamics Society Conference. Palermo, Italia.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, (2006). Dirección de poblaciones y proyectos intersectoriales, República de Colombia. Portafolio de Modelos Educativos.

NAVAS, Ximena Marcela. (2006). Propuesta Informática para la Educación en el Cambio, Basada en Ambientes de Modelado y Simulación. Un enfoque Sistémico. Tesis de Maestría en Ingeniería Área Informática y Ciencias de la Computación. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

PARRA, Jorge. (2003). Una Dinámica de Sistemas para el reconocimiento (de la perspectiva ajena): Una reinterpretación de un llamado esencial del enfoque de sistemas. Tesis de Maestría en Informática y Ciencias de la Computación. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

PRADA Carlos y OSPINO Merilin. (2006). "HCAEAD: Herramienta para la creación de Ambientes Educativos informáticos con aprendizaje dinámicos". Tesis de Pregrado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Colombia

RICHMOND Barry. (1997). "The Thinking in Sytems Thinking: How Can We Make It Easier to Mastetr" The Systems Thinker. Vol 8 No. 2 March.

ROMME, G. (2002). The Educational Value of Microworld Simulation. 20th International System Dynamics Society Conference. Palermo, Italia.

STUNTZ, Less, LYNEIS, Debra y RICHARDSON, George. (2002). El Futuro de la Dinámica de Sistemas y el Aprendizaje Centrado en el Aprendiz en la Educación de K-12. 20th International System Dynamics Society Conference. Palermo, Italia.

STAMELL, G., TICOTSKY, A., QUADEN, R., LYNEIS, D. (1999) The Mammoth Extinction Game. Available from the Creative Learning Exchange website (http://www.clexchange.org) as CC1999-04MammothExtinction. Prepared with the support of the Gordon Stanley Brown Fund.

TICOTSKY, A., QUADEN. R., LYNEIS, D. (1999) The In and Out Game: A Preliminary System. Dynamics Modeling Lesson Available from the Creative Learning Exchange website (http://www.clexchange.org) as SE1999-09In&OutGame. Prepared with the support of the Gordon Stanley Brown Fund.

VERA Cristián y ANAYA Ricardo. (2006). "MAC Primaria, Ambiente Software para apoyar el Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Básica primaria". Un Enfoque Dinámico-Sistémico. Tesis de Pregrado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Colombia.

WHELAN Joseph G. (1994): “Construcción del Modelo de los Bancos de Peces y Agotamiento de los Recursos Naturales” Road Maps 4. System Dynamics Education Project. Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology.

PARTE II
Aplicaciones en educación

Micromundos para apoyar los procesos de cambio y de toma de decisiones organizacionales. Un caso de estudio con Dinámica de Sistemas.

Lilia Nayibe Gélvez Pinto[1]

Introducción

Desde los estudios organizacionales con Dinámica de Sistemas (DS), propuestos por Jay Forrester en su libro génesis de la Dinámica de Sistemas, titulado "Industrial Dynamics" (Forrester, 1961), se propone el uso de modelos de simulación para apoyar la toma de decisiones a nivel organizacional. El uso de estos modelos de simulación permite la experimentación, a través del computador, para proyectar comportamientos del sistema frente a las políticas asumidas.

Peter Senge, treinta años más tarde, sigue la tradición del Instituto Tecnológico de Massachusset, MIT y recoge la propuesta de aprendizaje organizacional de Argirys y Schon y la concepción de Micromundo de Papert y las enriquece con la Dinámica de Sistemas. Su planteamiento logra una gran difusión en las comunidades de gestión organizacional y difunde la tecnología de los Micromundos como "herramientas informáticas para un aprendizaje organizacional eficaz" (Senge, 1990, 1992) que facilitan la reflexión de los supuestos que tiene el tomador de decisiones, sobre como se comporta y como va a responder la organización a sus decisiones, generando así un proceso de aprendizaje individual que refuerza el dominio personal y que reforzado en un proceso de aprendizaje en equipo motiva el diálogo en busca de una visión compartida que oriente a todos los gestores en la misma dirección.

Reconocer qué visión de la organización ofrecen los micromundos como tecnología soportada en la Dinámica de Sistemas, qué experiencias se han desarrollado alrededor del diseño de micromundos en la gestión universitaria, cómo se podría estructurar un proceso de diseño de herramientas informáticas como los micromundos, para apoyar la gestión del cambio y la toma de decisiones en una organización de educación superior y qué implicaciones tiene ofrecer este apoyo tecnológico a la gestión en organizaciones como una universidad colombiana, son indagaciones que dieron lugar a este investigación.

La hipótesis que soporta esta investigación, parte de la pertinencia que tienen los micromundos, como herramientas informáticas basadas en la simulación con Dinámica de Sistemas, para apoyar una gestión sistémica de organizaciones y en particular, de la Universidad.

La investigación converge en la definición de lineamientos metodológicos para el diseño de Micromundos, para apoyar la gestión del cambio y la toma de decisiones en las organizaciones, en particular, en la Universidad como caso de estudio.

Avanzar en esta pregunta implicó hacer una revisión conceptual que recogiera los fundamentos que dieron origen a la propuesta de los Micromundos como herramientas dinámico-sistémicas de apoyo para la gestión. La recopilación de esta etapa de la investigación comprende el primer capítulo del documento titulado "Revisión conceptual sobre micromundos".

Para iniciar la definición de lineamientos metodológicos para el diseño de micromundos, se partió de la revisión del estado del arte en la comunidad Dinámico-Sistémica reportado en la Revista y en las memorias de los congresos internacionales, de la Sociedad Internacional de Dinámica de Sistemas, indagando por reportes de diseño, evaluación o desarrollo metodológico sobre

[1] Docente de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Investigadora del Grupo de Investigaciones en Pensamiento Sistémico. E-mail: lgelvez@unab.edu.co

micromundos. Este proceso se documenta en el segundo capítulo titulado "Revisión de experiencias documentadas y propuestas metodológicas de la comunidad Dinámico-Sistémica".

Ya que la mayoría de artículos y ponencias de la comunidad dinámico-sistémica, son reportes de experiencias en casos particulares, la investigación asumió un enfoque inductivo, mediante la revisión de algunos micromundos reconocidos por la comunidad dinámico-sistémica internacional, a la luz de la estructura construida en el capítulo anterior. El proceso de enriquecimiento de la presentación de lineamientos metodológicos a partir de casos de experiencias con Micromundos en gestión de la universidad, se documenta en el capítulo tres titulado "Revisión de propuestas metodológicas a partir de casos relacionados con la Universidad".

Como caso de estudio, se asumió la gestión de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y durante esta investigación se desarrollaron tres versiones del Micromundo "Mi Universidad". La experiencia de desarrollo paralelo y en relación con los lineamientos obtenidos se se documenta en el capítulo cuatro con la denominación "Micromundo caso de estudio".

La revisión del estado del arte, unida a la reflexión sobre la experiencia con el caso de estudio, dio lugar a una versión depurada de los lineamientos para diseñar micromundos en la gestión universitaria, la cual se presenta de manera propositiva en el capítulo cinco, titulado "Propuesta de lineamientos metodológicos para el diseño de micromundos para la gestión universitaria".

Las conclusiones y recomendaciones se han organizado en dos temáticas de interés así: Sobre el carácter dinámico-sistémico de la gestión universitaria que determina el uso de micromundos y sobre el carácter informático de los micromundos como herramientas para la gestión organizacional.

La autora espera ofrecer con este trabajo, un paso en la formalización del diseño de micromundos para la gestión organizacional en general y para la gestión universitaria en particular, que apoye el desarrollo de la Dinámica de Sistemas como tecnología Informática para la gestión.

1. Revisión conceptual sobre micromundos

El término Micromundo fue presentado por Seymor Papert en los ochenta (1980), como fruto de sus investigaciones en Inteligencia Artificial en el MediaLab del MIT, para describir ambientes que permitían al computador actuar con aparente inteligencia; estos ambientes estaban soportados en un enfoque constructivista para la representación e interpretación individual de realidades externas; entre los productos más difundidos por el MediaLab del MIT están Logo y Microworlds. Papert asumió los micromundos como tecnología informática que permitía a los aprendices construir conocimiento por su propia cuenta.

Los primeros micromundos con Dinámica de Sistemas, fueron más conocidos como "simuladores de vuelo gerencial", en nombre del "management flight simulators - MFS" de la aerolínea People Express (Sterman, 1988), uno de los primeros micromundos en el campo de la gestión de empresas, desarrollado por su grupo de investigación en el Instituto Tecnológico de Massachusets. El grupo del Sloan School promovió los simuladores de vuelo gerencial como paquetes de software orientados al modelamiento y simulación con Dinámica de Sistemas, inicialmente en el marco de la formación de gestores (Sterman y Morecroft, 1992) y más tarde en el ámbito de las consultorías organizacionales (Sterman, 2000).

Con una amplia campaña de difusión, Peter Senge recoge la palabra "Micromundo" como la "tecnología de las organizaciones inteligentes", con la cual las organizaciones aprenden mediante la

experiencia de “realizar experimentos, verificar estrategias y elaborar una mejor comprensión de los aspectos del mundo representados en el micromundo a partir del modelamiento y la simulación con Dinámica de Sistemas” (Senge, 1992).

Con los micromundos se pretende que el tomador de decisiones se acerque a una representación de la situación organizacional objeto de estudio, mediante un ambiente virtual que permite simular las estrategias de intervención, proyectar la respuesta del sistema a los cambios generados y confrontar los supuestos que sobre dicha realidad representada se tenían inicialmente, motivando así un proceso de aprendizaje.

Gracias al fortalecimiento de la comunidad de Dinámica de Sistemas, al desarrollo de la industria computacional y de la Ingeniería de software hacia las interfaces de usuario en la última década, se ha ganado una mayor difusión de estas herramientas informáticas en el campo de la gestión organizacional, con software comercial extranjero como Stella, Microwords, Vensim, PowerSim y con software académico local como Evolución.

La idea de experimentación en laboratorios viene acuñada en las propuestas iniciales de la Dinámica de Sistemas como metodología para la gestión, de acuerdo con las palabras de Jay Forrester en su libro Industrial Dynamics: "Es solamente a través de errores y experiencias costosas que los administradores han sido capaces de desarrollar un juicio intuitivo efectivo. Necesitamos hacer expedito este proceso de aprendizaje. Otras profesiones en circunstancias similares han recurrido a experimentos en laboratorios"
(Forrester, 1968).

Forrester enuncia una situación problemática en la organización: el proceso de aprendizaje para el tomador de decisiones es costoso, ineficiente, por ensayo y error. Luego propone la correspondiente mejora: la experimentación con laboratorios administrativos. Estos laboratorios, como lo menciona en su libro, tienen como instrumento principal de experimentación un modelo construido mediante la Dinámica de Sistemas y simulable en el computador. La argumentación de Forrester inicia caracterizando ciertas limitaciones del proceso de aprendizaje organizacional que lo hacen ineficiente. Como solución plantea la constitución de un proceso que se apoya en laboratorios computacionales. La Dinámica de Sistemas es la metodología para el desarrollo de estos laboratorios.

Desde la propuesta de Forrester de asumir un estudio con Dinámica de Sistemas para diseñar mejoras organizacionales, en expresiones como: “La comprensión sucede primero pero la meta es mejorar” (Forrester, 1968), los desarrollos de la comunidad de Dinámica de Sistemas se concentran en el diseño y evaluación de estrategias de intervención en la organización para mejorar, entendiendo mejorar como cambiar un comportamiento indeseable detectado o frente al reto de gestión asumido para llevar la organización a un comportamiento deseable.

Buscando formalizar el papel de los micromundos como herramientas para el aprendizaje sistémico, Sterman (1989), presentó los micromundos como mundos virtuales, elementos fundamentales en un aprendizaje de segundo ciclo: Sterman caracterizó el proceso "natural" de aprendizaje como la constitución progresiva de una capacidad de juicio como resultado de experiencias de decisión y de acción en situaciones organizacionales. A su vez, esta capacidad de juicio actúa como orientadora de las decisiones y acciones en situaciones futuras. En consecuencia, el aprendizaje organizacional "natural" es un proceso cíclico (Sterman, 1989).

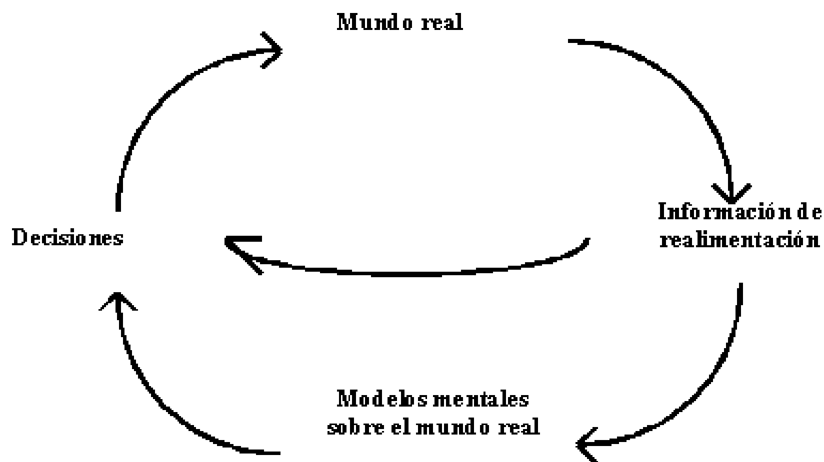


Figura 1. Aprendizaje organizacional "natural" (Fuente: Sterman, 1989)

En la figura 1, el ciclo interno representa un aprendizaje superficial, de ensayo y error alrededor de unos objetivos determinados: "El ciclo [interno] es un ciclo típico de realimentación negativa en donde quienes toman decisiones comparan información cualitativa y cuantitativa acerca del estado del mundo real frente a ciertos objetivos, perciben discrepancias entre el estado deseado y el actual, y toman acciones que (según ellos creen) provocarán que el mundo real se mueva hacia el estado deseado" (Sterman, 1989).

Sin embargo, esta visión del aprendizaje organizacional como un solo ciclo de realimentación es incompleta, por cuanto no presenta la manera como se va constituyendo y modificando la capacidad de juicio para decidir. Para Sterman, esta capacidad hace referencia a los modelos mentales (una de las cinco disciplinas de Senge). El concepto de modelo mental engloba todas aquellas nociones que un individuo puede tener sobre sus objetivos o intereses y sobre la red de causas y efectos de una situación. Es decir, el modelo mental se corresponde con una interpretación individual de una realidad particular. En condiciones naturales de aprendizaje, estos modelos mentales permanecen implícitos. El individuo no tiene consciencia de sus modelos mentales[2].

El esquema de aprendizaje organizacional se completa entonces con el ciclo externo de realimentación. Este contempla el reconocimiento explícito por parte de los miembros de la organización de los modelos mentales que condicionan su percepción y su acción. En la medida en que dicho reconocimiento se logre, se puede acceder a un aprendizaje profundo, un aprendizaje que modifique esos modelos mentales, esa capacidad de juicio.

La naturaleza compleja de los fenómenos organizacionales y las limitaciones humanas naturales restringen este aprendizaje profundo de doble ciclo. Sterman menciona, entre otras, las siguientes barreras del aprendizaje organizacional: la complejidad dinámica de las organizaciones, la imposibilidad de obtener información perfecta sobre el estado del sistema, el uso de variables confusas y ambiguas en el proceso de decisión, las deficientes habilidades para el razonamiento científico, las fallas en la ejecución y las percepciones incorrectas de la realimentación. A esta apreciación sobre las dificultades para ver el mundo de manera dinámico-sistémica se le han denominado "Percepciones erradas de la realimentación" en Inglés "Missperception of feedback" y

[2] El concepto de modelo mental puede generalizarse para un colectivo de personas. En tal caso, el modelo mental simbolizaría aquellas nociones compartidas por el colectivo acerca de los intereses y de la causalidad. Desde esta perspectiva, se fundamentan los trabajos de aprendizaje organizacional (Senge, 1992) orientando la construcción de una "visión compartida" como expresión de un modelo mental construido conscientemente de manera colectiva.

ha sido abordado por diferentes autores (Forrester(1980), Sterman (1989) y Moxnes (2000)).

En síntesis, el aprendizaje organizacional "natural" es un proceso de realimentación de ciclo doble que tiene a los modelos mentales como insumos y, a la vez, como productos principales y cuya eficiencia está limitada por ciertas condiciones inherentes a la realidad organizacional y a la naturaleza de la toma de decisiones.

Con el fin de superar o atenuar las limitaciones propias del proceso "natural" del aprendizaje organizacional, los investigadores dinámico-sistémicos, sugieren un proceso "diseñado". Este, como todo proceso de aprendizaje a la luz de la Dinámica de Sistemas, también está constituido por un ciclo doble de realimentación (Figura 2), pero que a diferencia del "natural" no sucede en la cotidianidad de la organización sino que ocurre en el laboratorio.

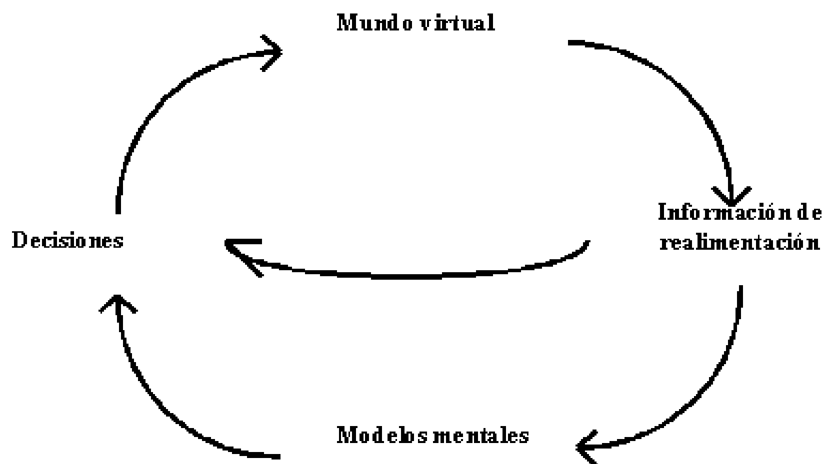


Figura 2. Aprendizaje organizacional "diseñado" (Fuente: Sterman, 1989)

Para hacer posible un proceso de aprendizaje organizacional en laboratorio, es necesario disponer de un modelo de la realidad organizacional sobre el cual se pueda experimentar. Es decir, de manera análoga al aprendizaje "natural" que sucede en la organización, el aprendizaje "diseñado" ocurre alrededor de un modelo de la organización, que se denomina micromundo o mundo virtual. Como se ilustra en la figura 2, el aprendizaje "diseñado" en la organización es semejante al "natural", lo que cambia es el objeto de aprendizaje y acción, ahora es un mundo virtual.

No cualquier modelo de la organización sirve como mundo virtual para el aprendizaje en laboratorio. Sobre el mundo virtual debe ser posible experimentar la toma de decisiones y, seguidamente, recibir información de realimentación sobre sus consecuencias. El mundo virtual debe ser entonces un modelo que simule el comportamiento dinámico de la organización ante diferentes alternativas de acción y bajo diferentes escenarios. Para tal fin, el modelo debe considerar los posibles efectos que las decisiones generan sobre algunos elementos de la organización y la consecuente reacción en cadena sobre la totalidad de este sistema. Un modelo en Dinámica de Sistemas satisface los requerimientos planteados. Esto explica el porqué es una metodología adecuada para la creación del laboratorio para el aprendizaje "diseñado".

La propuesta de gestión organizacional con micromundos presentada por Senge y Sterman, puede ubicarse como un paradigma de gestión sistémica “perspectivista” (Andrade, et. Al. 2000), este carácter perspectivista subyace al enfoque de sistemas desde los planteamientos de Churchman en expresiones como “El enfoque de sistemas lo impulsa la noción de que cada visión del mundo (o

perspectiva) es terriblemente restringida”[3]. Con la interpretación de esta expresión se acuña un afán crítico en el Pensamiento Sistémico a partir del cual, se busca que el observador de un fenómeno se haga consciente de las limitaciones que presenta su observación sobre el fenómeno en estudio y las confronte con otras perspectivas posibles.

Otras acepciones de micromundo han sido aplicadas con propósitos educativos en el ciclo de formación básico, experiencias relacionadas son compiladas en el proyecto de Forrester K-12 y a nivel nacional se tiene la línea de desarrollo e investigación en Micromundos para el aprendizaje de la ciencias, liderada por el profesor Hugo Andrade (Andrade, 2004) en la Universidad Industrial de Santander.

A nivel local, el grupo de investigación en Pensamiento Sistémico de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, ha realizado varias experiencias con micromundos para la gestión organizacional como: Micromundo Mercadefam (Cabrera et. al. , 2000) y para la gestión universitaria como Micromundo para la gestión de la Facultad de Ingeniería de Sistemas (Baez, 1998), Micromundo para la gestión de un postgrado (Peña, 1999 y Serrano, 2000), Micromundo para la gestión de la investigación (Arevalo, 1999) y Herramientas sistémicas sobre TICs en la UNAB (Correa, 1999) y Micromundo para la gestión universitaria de Centrosistemas (Becerra, 1999).

2. Revisión de experiencias documentadas y propuestas metodológicas de la comunidad dinámico-sistémica

La revisión sobre los lineamientos metodológicos para la construccion de micromundos siguió dos caminos: El primer camino se sigue, a partir de la revisión de reportes de carácter metodológico sobre experiencias con micromundos por parte de la comunidad de Dinámica de Sistemas, en particular, de los pioneros y principales promotores de los micromundos en la comunidad internacional de Dinámica de Sistemas. El segundo camino, es a partir de una construcción inductiva con la revisión de algunos micromundos típicos de la sociedad de Dinámica de Sistemas como People Express, EasyJet o B&B, del grupo de J. Sterman.

2. Revisión de propuestas de arquitecturas en la comunidad dinámico-sistemática

2.1.1. Arquitectura de Alessi

Revisión sobre simulaciones de computador para el aprendizaje, se encuentran propuestas de arquitecturas como la de Alessi, (Alessi, 1988, referenciada en Maier y Grobler, 2000) quien asume una arquitectura basada en cuatro componentes principales a saber:

1. Un modelo subyacente,
2. Una presentación,
3. Un ambiente para acciones del usuario y
4. Un ambiente para presentar los resultados de la realimentación del sistema.

---

[3] Traducción libre de Churchman, C.W. The System Approach, Dell, N.Y. 1968, referenciada en Andrade Et. Al. Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de la Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2001.

2.1.2.Arquitectura de Maier y Grobler

A partir de la revisión de la estructura de Alessi y Maier y Grobler propusieron una adaptación para simuladores de computador con Dinámica de Sistemas (Maier y Grobler, 2000) e identificaron tres elementos:

1. El modelo con Dinámica de sistemas,
2. La interface hombre-máquina que recoge los presentaciones, acciones del usuario y realimentación del sistema y
3. Las "funcionalidades" que reúnen las características de simulación que no son recogidas por el modelo ni por la interface, entre estas características se encuentran el acceso a materiales adicionales, la presentación explicita de la estructura dinámico-sistémica y el progreso del tiempo en la simulación.

A partir de esta organización de elementos, los mismos autores construyeron una tabla de criterios para categorizar las diferentes herramientas de simulación por computador, (ver tabla 1.0) donde un micromundo, como el Simulador de Vuelo Gerencial People Express presenta las siguientes características:

- Esta soportado en un modelo específico del área de los negocios hecho con Dinámica de sistemas por tanto comprende variables reales, continuas deterministas con una estructura orientada a la realimentación.
- La interface hombre-máquina asume como entradas las decisiones del usuario, las cuales pueden ser cambiadas durante la simulación en períodos discretos.
- Su funcionalidad esta orientada para que juegue una persona con una caja negra, por su propia cuenta o con un instructor que le vaya orientando.
- Permite el control del avance del tiempo de simulación.

Criterio	Características	Alternativas
Modelo subyacente	Dominio del mundo real	Negocios
		Otro
	Generalidad del modelo respecto al dominio	Área especial
		Dominio general
	Papel del modelo de simulación	Generación activa de decisiones
		Mecanismo aclarador para las decisiones del usuario
	Influencia de datos externos	Con influencia
		Sin influencia
	Progreso del tiempo en la máquina de simulación	Discreto
		Continuo
	Dominio de las variables	Enteras
		Reales
	Comportamiento	Determinístico
		Estocástico
	Estructura	Orientada a la realimentación
		Orientada al proceso

Interfaz	Posibilidad de intervención mientras se simula	Periodos discretos
		Simulación en una corrida
	Modo de las entradas del usuario	Orientado a políticas
		Orientado a decisiones
Funcionalidad	Número de usuarios	Persona sola
		Muchas personas
	Grado de integración	Simulación suelta
		Integración en un ambiente computarizado
	Área principal de aplicación	Orientado al modelamiento
		Orientado al juego
	Soporte de profesor-facilitador-interlocutor	Aprendizaje totalmente auto controlado
		Soporte por el docente-facilitado-interlocutor
	Transparencia del modelo	Caja negra
		Caja transparente
	Avances en el tiempo de simulación	Orientado por el reloj
		Orientado por el usuario

Tabla 1. Características de los ambientes de simulación soportados en computador. Fuente: Maier y Grobler, 2000.

Buscando caracterizar los diferentes ambientes relacionados con simulaciones en computador para soportar procesos de aprendizaje, Maier y Grobler identificaron que “Los términos Laboratorio de aprendizaje y Ambiente de aprendizaje interactivo usualmente comprenden más que un simple modelo de simulación por computador. Uno o más modelos de simulación son embebidos en un ambiente de aprendizaje, el cual también incluye descripción de casos, presentaciones por un facilitador y herramientas de modelamiento”[4] .

2.1.3. Características de los ambientes de aprendizaje de Morecroft y Sterman

Los ambientes de aprendizaje basados en computador (Morecroft et. al, 1992) también pueden comprender información de antecedentes, materiales de recursos e instrucciones de trabajo integradas en una aplicación de computador. Los autores sugieren la siguiente serie de pasos para realizar una experiencia de aprendizaje basada en casos:

1. Presentación del caso a gestionar, su historia y estado actual
2. Presentación de metas
3. Presentación de variables de control
4. Reconocimiento de indicadores de desempeño del sistema
5. Presentación de estructura causal-cíclica
6. Presentación de escenarios
7. Expresión de comportamiento esperados de acuerdo con la lógica causal
8. Simulación
9. Análisis de resultados de simulación y comparación con el comportamiento esperado
10. Explicación de coherencia o incoherencia entre lo esperado y lo obtenido
11. Generación de conclusiones de relación estructura-comportamiento

[4] Traducción libre de la autora.

12. Generalización del comportamiento a otros casos.

Frente a este guión de una experiencia de aprendizaje basada en simulación por computador, se pueden inferir características de un micromundo como:

- Debe presentar el caso y las metas a cumplir por el tomador de decisiones.
- Debe registrar los supuestos comportamientos esperados en el lenguaje de la lógica causal.
- Debe ofrecer una vista de la estructura causal-cíclica que soporta al modelo.
- Debe ofrecer un tablero de control para modificar las variables de entrada.
- Debe ofrecer información sobre los posibles escenarios.
- Debe ofrecer vistas de los resultados de la simulación que faciliten el análisis y comparación con los supuestos expresados por el tomador de decisiones.
- Debe registrar las conclusiones del tomador de decisiones y permitir que otros las puedan leer para motivar el proceso de aprendizaje.

2.1.4. Las plataformas de Dinámica de Sistemas para el aprendizaje y la estrategia

En la comunidad nacional, los micromundos son presentados por Isaac Dyner (Andrade, et. al, 2000), como "Plataformas de Dinámica de Sistemas para el aprendizaje y la estrategia organizacional" reconociendo el carácter complejo de los estudios organizacionales, la diversidad de variables cualitativas y cuantitativas en juego. De esta experiencia surgen aplicaciones comerciales para el sector energético como Enerbiz (Dyner, 2003).

2.1.5 Las interfaces de aprendizaje de Ritchie-Dunham

Ritchie-Dunham, en su propuesta metodológica Managing from Clarity (Ritchie-Dunham y Rabino, 2001), presenta una tipología para las interfaces de aprendizaje conformada por tableros de comandos, laboratorios de aprendizaje y ambientes de aprendizaje, los tres tipos pueden ser comparados con los simuladores de vuelo gerencial o micromundos con Dinámica de Sistemas, y van avanzando en su orden: de un aprendizaje dirigido hacía un aprendizaje auto-dirigido, de un grupo pequeño de usuarios expertos en el modelamiento y en el caso a simular, hacía un grupo masivo de usuarios desconocedores de la metodología de modelamiento y ajenos a la situación real simulado. La tabla 2.0 presenta una traducción libre de la síntesis de la tipología presentada por este autor.

Indicador de clasificación	Tablero de comandos	Laboratorio de aprendizaje	Ambiente de Apredizaje
Nivel de aprendizaje interactivo	Interfaces de Simuladores de vuelo que presentan comportamientos claves y evalúan presupuestos sobre un principio de manera repetitiva.	Interfaces de simuladores de vuelo orientadas a generar discusiones alrededor de presupuestos claves entre ejecutivos conocedores del negocio, mediante la evaluación de hipótesis de acción.	Simuladores de vuelo orientados a facilitar el aprendizaje de las dinámicas que afectan recursos claves. Se orientan en comunicar las implicaciones no-intuitivas de las acciones aparentemente claras

			de diferentes usuarios. Se basan en el principio de aprender haciendo, seguido por un guión de juego de rol o pilotaje de una misión en un experiencia muy interactiva.
Beneficios	Excelente para practicantes hábiles en modelamiento y simulación. Herramientas muy flexibles.	Orientados a equipos de gestión conocedores de la situación a modelar. La conversación se centra en entender un objetivo de gestión y sus implicaciones de causalidad, realimentación y retardos en un contexto estratégico.	Muy poderosos para comunicar las dinámicas complejas a un amplio grupo de usuarios potenciales, como nuevos empleados con compromisos de toma de decisiones.
Limitaciones	No guía la interpretación de los resultados de la simulación. No se evidencia la relación entre acciones y resultados obtenidos.	Dan lugar a dudas sobre la cuantificación de las relaciones causa-efecto, requiriendo que los usuarios sean expertos en la medición de dichas relaciones.	Son más difíciles de construir, requieren un claro entendimiento del propósito de aprendizaje y de su incorporación como parte de la conceptualización del modelo y del diseño de la interface. Son menos flexibles.
Usuarios objetivo	Equipos de modelamiento	Ejecutivos y gerentes familiarizados con el negocio y las condiciones que lo afectan	Amplio rango de usuarios, dentro y fuera de la organización

Tabla 2. Atributos de la tipología de Interfaces de Aprendizaje de Ritchie-Dunham

Leyendo esta tipología para el caso de estudio de esta investigación, en donde se pretende ofrecer una tecnología informática para los gestores organizacionales, debería revisarse con mayor detenimiento el tipo de interface de aprendizaje orientada a los laboratorios de aprendizaje y a los ambientes de aprendizaje.

Laboratorios de aprendizaje: Los laboratorios de aprendizaje son un nivel avanzado de tableros de comandos, agregando realimentación durante la simulación, de manera que el usuario pueda cambiar las estrategias asumidas para direccionamiento el comportamiento de la organización

durante la simulación. Esta opción exige un mayor diseño de parte del desarrollador, hacía la definición de los parámetros y salidas a proveer al usuario, así como las suposiciones claves a ser evaluadas con el modelo. En el diseño también debe evidenciarse la lógica causal presente en la situación caso de estudio y las políticas del negocio presentes a través de rangos de variación permitidos para los parámetros y de alertas durante la simulación.

Ambientes de aprendizaje: Amplían la experiencia de aprendizaje interactivo en la medida en que se pueden cambiar las suposiciones del negocio subyacentes en el modelo. Asume un carácter de juego de roles con una misión de gestión de una situación particular en diferentes escenarios y bajo alternativas de gestión diferentes. El propósito de aprendizaje debe ser diseñado previamente al modelo, ya que el modelo se convierte en instrumento y se subordina al propósito de aprendizaje.

2.1.6 Características de un micromundo para Panqueva y Mariño

Los autores Hernando Galviz Panqueva y Gloria Mariño (Galviz, Gómez y Mariño, 1998) sugieren una serie de características necesarias y deseables para un micromundo que se orienta por la definición de Seigmour Papert, como herramienta de aprendizaje y construcción de mundos de representación de situaciones observadas en la realidad. Estas características se presentan en la tabla 3.

Elemento	Tipo de elemento
Argumento e historia	Necesario
Variables Compensatorias	Necesario
Variables de Control	Necesario
Variables de Resultado	Necesario
Mundo / Escenarios	Necesario
Retos (Implícitos / explícitos)	Necesario
Personajes y Roles	Necesario
Objetos / Herramientas	Necesario
Zonas de Comunicación	Necesario
Mecanismos de Comunicación Usuario-Aplicación	Necesario
Ambientación / Caracterización	Necesario
Recuperación de estados anteriores	Deseable
Niveles de Dificultad	Deseable
Manejo de información del usuario	Deseable
Mecanismos para Análisis de desempeño	Deseable
Ampliación de las posibilidades del Micromundo	Deseable
Personalización del ambiente	Deseable
Soporte al trabajo en grupo	Deseable

Tabla 3. Caracterización de un micromundo por Panqueva y Mariño. Fuente: Galviz, Gómez y Mariño, 1998.

2.2 Una revisión inductiva

A la fecha, se han creado cientos de micromundos en casos particulares, generando una sala particular para esta temática en las conferencias anuales de la Sociedad Internacional de Dinámica de Sistemas, sin embargo se pueden distinguir algunos centros pioneros y líderes en el desarrollo de micromundos famosos como el Grupo de Investigación en Dinámica de Sistemas el Instituto Tecnológico de Massachusetts con People Express, EasyJet; el grupo consultor Estrategic Dinamics

con B&B; el grupo consultor de PowerSim, el grupo consultor de Vensim; el grupo de consultoría de High Performance Systems con Stella, Ithink y Microworld Creator, el grupo de investigación y desarrollo del London Bussiness School; el grupo de la Universidad de Bergen; el grupo de la Universidad de Albany con el liderazgo de los Meadows en el desarrollo del juego Fishbank y el grupo Alemán de la Universidad de Mannhein. A nivel nacional se debe destacar el trabajo del Grupo SIMON de Investigaciones de la Universidad Industrial de Santander, con el desarrollo el software de modelamiento y simulación Evolución y los micromundos para el aprendizaje de las ciencias - MAC, los desarrollos de la Universidad Nacional, Sede Medellín con Enerbiz y los trabajos del Grupo de Investigación en Pensamiento Sistémico de la Universidad Autónoma de Bucaramanga alrededor de micromundos para la gestión organizacional y para la estrategia.

A continuación se hará un ejercicio inductivo para caracterizar los lineamientos del diseño de micromundos en la comunidad de la Dinámica de sistemas orientada a la gestión organizacional, a partir de la descripción del popular micromundo People Express. La tabla 4. presenta la características evaluadas para este micromundo con la tipología de Maier y Glober referenciada en la sección anterior de este capítulo.

En la revisión de People Express como ejemplo típico de micromundo para la gestión organizacional con Dinámica de Sistemas y en la integración de las características encontradas en las tipologías encontradas en la literatura se propone la siguiente síntesis de componentes:

1. Un modelo Dinámico-sistémico. Un modelo en Dinámica de sistemas que presenta las características de desarrollo del modelamiento con realimentación, reconocimiento de retardos y no linealidades.
2. Un motor de simulación. Un motor de simulación soportado por un paquete comercial o desarrollado como software propietario.
3. Una interface de usuario gráfica. La interface a su vez puede estar comprendida por: Una introducción al juego, con la presentación de antecedentes de la situación a gestionar, reglas de juego y orientaciones sobre Dinámica de Sistemas. Una presentación del rol a asumir en el juego, de las metas a alcanzar. Una ventana de captura de valores para los parámetros bajo control del jugador. Una ventana de presentación de resultados de la simulación en forma de trayectorias gráficas y de vectores de datos de los indicadores del sistema en cada instante de tiempo. Una animación de la situación a gestionar. Un diseño educativo que orienta el uso del micromundo, las entradas y salidas de la interface y el seguimiento de aprendizaje del usuario.
4. A estos elementos programables en el ambiente virtual, debe agregarse un componente de diseño educativo, conformado por una intención educativa traducida en un guión que orienta al facilitador u operador del micromundo en la reflexión dinámico-sistémica de las consecuencias sobre las decisiones tomadas y en la confrontación de los modelos mentales subyacentes en dichas decisiones a partir de la gestión del equilibrio entre demanda y capacidad interna para atenderla, propia del arquetipo Crecimiento y Subinversión (Senge, 1992) para modelar la gestión del mercado de una industria o empresa de bienes y servicios.

Criterio	Características	Alternativas	Característica
Modelo subyacente	Dominio del mundo real	Negocios	X
		Otro	
	Generalidad del modelo respecto al dominio	Área especial	X
		Dominio general	
	Papel del modelo de simulación	Generación activa de decisiones	
		Mecanismo aclarador para las decisiones del	X
	Influencia de datos externos	Con influencia	
		Sin influencia	X
	Progreso del tiempo en la máquina de simulación	Discreto	
		Continuo	X
	Dominio de las variables	Enteras	
		Reales	X
	Comportamiento	Determinístico	X
		Estocástico	
	Estructura	Orientada a la realimentación	X
		Orientada al proceso	
Interface	Posibilidad de intervención mientras se simula	Periodos discretos	X
		Simulación en una corrida	
	Modo de las entradas del usuario	Orientado a políticas	
		Orientado a decisiones	X
Funcionalidad	Número de usuarios	Persona sola	X
		Muchas personas	
	Grado de integración	Simulación suelta	
		Integración en un ambiente	X
	Área principal de aplicación	Orientado al modelamiento	
		Orientado al juego	X
	Soporte de profesor-facilitador-interlocutor	Aprendizaje totalmente	
		Soporte por el docente-facilitador	X
	Transparencia del modelo	Caja negra	X
		Caja transparente	
	Avances en el tiempo de simulación	Orientado por el	
		Orientado por el usuario	X

Tabla 4. Clasificación del micromundo People Express con la tipología de Maier y Grobler. Fuente Maier y Globler, 2000.

La figura 3.0 presenta un bosquejo de una arquitectura propuesta, donde el Diseño educativo juego

un papel fundamental al llevar el propósito del micromundo en cuanto a que experiencia de aprendizaje motivar y determina las variables del modelo, los parámetros de simulación y la interacción con el usuario.

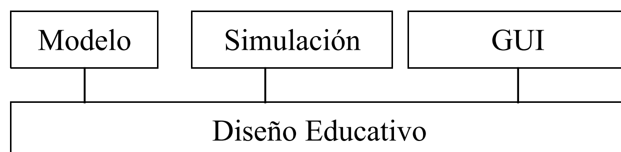


Figura 3.0 Arquitectura básica propuesta para un Micromundo con Dinámica de Sistemas.

En cuanto a la caracterización del diseño educativo, se debe revisar el propósito con el cual es construido y utilizado el micromundo. Los micromundos asumen diferentes propósitos en su evolución, inicialmente son diseñados para el "aprendizaje basado en casos" en la formación de gestores (Morecroft, et. al, 1992); desde las perspectivas orientadas a la educación de gestores, se presentan para apoyar el "aprendizaje basado en modelamiento" (Davidsen, et. Al. 2001) y en el caso colombiano, se presentan como "plataformas para el aprendizaje de estrategias" (Andrade, et.al. 2000).

3. Revisión de propuestas metodológicas a partir de casos relacionados con la Universidad

3.1 Experiencias de la sociedad de Dinámica de Sistemas en educación superior

La sociedad Internacional de Dinámica de Sistemas, ha producido un número de artículos recopilados por Michael Kennedy (2002) referenciando modelos relacionados con Educación Superior, sobre tópicos como: Gobierno Corporativo (Saeed (1996), Saeed (1998), Kennedy and Clare (1999),Watson (2000)); Planeación , Recursos y Procesos (Galbraith(1982), Galbraith and Carss (1989), Bell et al (2000), Frances (1995,2000), Galbraith (1989,1998a, 998b, 1998c), Barlas and Diker (1996, 2000), Kennedy and Clare (1999), Kennedy and Clare (1999), Kennedy and Clare (1999); Calidad de la enseñanza (Kennedy (1998a), Kennedy (1998b)); Prácticas de enseñanza (Frances (2000) , Roberts (1978), Saeed (1990), Saeed (1993), Saeed (1997), Frances (2000)), y Demanda de admisiones (Frances et al (1994), Frances (2000), Frances et al (1994), Frances (2000)) bajo cinco jerarquias organizacionales a saber: La nación, la región, la universidad, la facultad y el departamento o programa.

De los trabajos divulgados en la Sociedad Internacional de la Dinámica de Sistemas, se pueden referenciar dos trabajos como Micromundos para la Gestión Universitaria: El trabajo de la Universidad de Bogacicci, (Barlas y Diker, 1996, 2000) y el trabajo de la Universidad de Albany, dirigido por Richmond y realizado como trabajo doctoral por Szelest (Szelest, 2000).

A nivel local se registran dos trabajos sobre Micromundos y Universidad: Uno para apoyar el diseño y la gestión de un programa de postgrado () y otro para apoyar la gestión de la investigación (Arevalo, 1999) y para apoyar la gestión de un programa de pregrado (Baez et al, 1998). Aunque no ha sido elaborado con Dinámica de Sistemas, debe considerarse la aplicación VirtualU, desarrollada en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, MIT.

3. Síntesis de Michael Kennedy
4.

De la compilación de Kennedy[5], se pueden resaltar algunos supuestos que orientan el papel que

[5] Kennedy, 2002. págs. Traducción libre de la autora.

pueden jugar los micromundos en la gestión universitaria:

1. *El impacto de varias intervenciones y estrategias externas adoptadas por las instituciones para manejar y controlar factores ha hecho problemático evaluar y observar el impacto de los sistemas como un todo*. La mirada fragmentada de la organización que orienta la gestión hacía unidades independientes entre sí o hacía factores de gestión que no intercambian información con otros, hace perder la perspectiva integradora. Con la construcción de un modelo de Dinámica de Sistemas que integre las principales variables en una estructura de realimentación podría atenderse el problema de la fragmentación.

2. *Para orientar la toma de decisiones se han utilizado modelos lineales y hojas de cálculo. Se ha concluido que estos enfoques de modelamiento y simulación esencialmente estático son inadecuados para este dominio de aplicación, ya que las universidades son sistemas dinámicos, complejos y no-lineales*. El modelamiento que soporte un micromundo de una universidad debe reflejar las complejidades de la gestión de la misma, a partir de la representación de la organización como un todo, que desde la Dinámica de Sistemas, implica ver la estructura de interrelaciones presentes entre las variables principales de gestión. Así el micromundo debe ofrecer una vista de las dinámicas de ciclo cerrado que motivan los comportamientos observados y que direccionan la organización hacía los comportamientos esperados.

3. *Los gestores de la Instituciones Educativas deben orientar decisiones para encontrar formas de usar los recursos de la Institución para generar más recursos y asegurar estándares académicos.* Con estos propósitos pueden diseñarse varias metas o retos de gestión que orienten un proceso de toma de decisiones apoyado con un micromundo, como la generación de más ingresos para la universidad a partir de la inversión de las matrículas en mercadeo o en el aseguramiento de estándares académicos como titulación efectiva, producción intelectual y extensión.

4. La Educación superior se ve presionada a modernizarse, adaptarse, diversificar y mercadear, en síntesis, los gestores universitarios se ven presionados a ser más competitivos, más eficientes y más efectivos, orientados al servicio y a su calidad certificada ganando relevancia social por la calidad de sus procesos y productos. Esto implica que un modelo de la universidad debería comprender relaciones de mercado, como la captura de estudiantes y el reconocimiento de la competencia.

3.1. 2 El caso Unigame, de Barlas y Diker

Esta aplicación de Dinámica de Sistemas a la gestión Universitaria se concentra en la construcción de un modelo para gestionar la oferta de profesores y servicios de investigación y extensión, teniendo en cuenta que el ingreso de estudiantes es masivo y que la demanda de cupos es muy alta, por tanto la gestión se concentra en el fortalecimiento de la capacidad interna para atender la excesiva demanda, sin preocuparse por la competitividad en el mercado.

3.1.3 Virtual U

Esta aplicación permite entrenarse en la gestión de una universidad, con una aplicación estilo caja negra, con una interface llamativa y un modelo exhaustivo de indicadores de gestión como estudiantes, profesores, recursos financieros, recursos físicos y políticas de admisión así como un juego de escenarios de posibles objetivos para orientar la gestión hacía altos niveles de investigación, buen rendimiento deportivo o la consecución de donaciones.

3.1.4. Experiencias locales

En los proyectos de grado trabajados al interior del grupo de investigación en Pensamiento

Sistémico de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se han encontrado modelos soportados en la dinámica poblacional de los estudiantes, motores de simulación soportados por herramientas comerciales de uso general como PowerSim e Interfaces que integran aplicaciones como VisualBasic para el manejo de bases de datos y para la animación.

3.2 Una propuesta de gestión trascendente de la universidad

Durante el desarrollo de la investigación, se presentaron diversas inquietudes en torno al carácter sistémico de los micromundos, generándose la pregunta por el aporte que podría hacer el pensamiento sistémico y en particular, la Dinámica de Sistemas a la gestión universitaria.

Desde la clasificación de las metodologías sistémicas dada por Andrade et. Al. (2000) en la Geomorfología del Pensamiento Sistémico, se ubica la Dinámica de Sistemas en la primera ola, de carácter cibernético, orientando el modelamiento y la simulación para el control y la intervención de procesos; en una revisión de la segunda ola, de carácter perpestivista, se ubica la Dinámica de sistemas como lenguaje y plataforma para hacer explícitos y confrontar las diferentes perspectivas que se pueden dar sobre un fenómeno; en esta ola se ubica la Dinámica de Sistemas con los planteamientos de Senge y la presentación de los modelos mentales y el aprendizaje implícito en el diseño y uso de micromundos. La tercera ola, la trascendente indagadora por el sentido holístico de los fenómenos, no presenta alguna modalidad de la Dinámica de Sistemas. Con esta investigación surgieron las primeras luces sobre una modalidad de Dinámica de Sistemas que responda al afán trascendente del Pensamiento Sistémico, que la autora viene bautizando con el nombre de Dinámica de Sistemas "Crítica", la cual permitiría revelar los fines organizacionales ocultos tras el modelamiento y facilitaría el diálogo entre los tomadores de decisiones sobre dichos fines, ganando conciencia sistémica de su gestión o en otras palabras, haciendo "Gestión trascendente" de su organización.

A continuación se empieza a argumentar esta propuesta:

Para atender procesos de evaluación, mejoramiento continúo y gestión dinámica se presenta la Dinámica de Sistemas, como metodología por excelencia para el modelamiento de fenómenos relacionados con toma de decisiones, políticas, estrategia y mejoramiento continuo, basada en un lenguaje de lógica causal que orienta la representación del mundo en un ciclo de aprendizaje.

En el marco de una gestión estratégica, podría entonces, verse con DS la trama de dinámicas e interrelaciones que permiten una gestión para el mejoramiento continuo, es decir, una gestión para acercarse al cumplimiento de un estado ideal, advirtiendo su nivel de acercamiento y alertando ante su nivel de alejamiento, pareciera que la metáfora del termostato, metáfora predilecta del enfoque de control y concepto fundamental de la DS, podría participar en la empresa de apoyar la gestión dinámica de la Universidad para acercarse a su misión. Es decir, dada una meta, podría evaluarse un conjunto de alternativas que permitieran cumplir dicha meta en el tiempo.

En este tipo de gestión podría tendría prioridad la evaluación de diferentes configuraciones de recursos, buscando la configuración más eficiente.

Ramses Fuenmayor (Fuenmayor, 2001), en su propuesta por un estudio sistémico de las organizaciones, reconocedor de la variedad interpretativa presente en los fenómenos organizacionales, plantea que los estudios organizacionales se pueden presentar desde dos ópticas: la Mecanicista y la Sistémica. La primera, abordando un fin único e incuestionable, donde la gestión de la organización se concentra en buscar estrategias para ordenar los medios de cumplimiento de un fin dado, para ordenar los recursos de manera racional para tal fin, campo en donde la Dinámica

de Sistemas se ubica por excelencia como tecnología de información para apoyar la toma de decisiones y la evaluación de políticas. Y la segunda, abordando la variedad interpretativa presente en la organización, donde la gestión de la organización se debería concentrar en develar los diferentes fines que puede estar persiguiendo la organización y en buscar coherencia entre los fines identificados y las políticas y estrategias asumidas. A esta segunda manera de gestión organizacional desea apuntar la investigación presentada, siguiendo el camino de la Dinámica de Sistemas en ambientes de aprendizaje, identificando los fines que la organización puede llegar a perseguir y evaluando la coherencia de las decisiones que se toman en procura del cumplimiento de estos fines.

Una gestión de este tipo, implica un cuarto nivel de comprensión de la organización , como se muestra en la Figura 4, trascendiendo la organización eficiente de los recursos, la mirada integradora de los medios, la mirada dinámica de los procesos y la discusión de los modelos mentales de los participantes en dicha gestión, trascendiendo hacía la el reconocimiento de los fines últimos hacía los cuales puede orientarse el deber ser la organización y la coherencia de las decisiones que se toman para organizar los recursos frente a este deber ser.

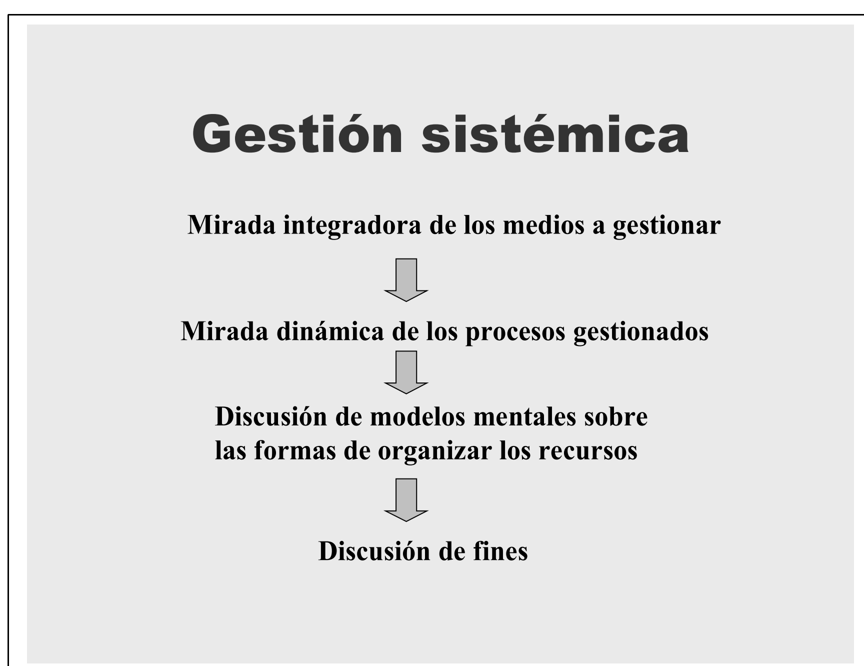


Figura 4. Tipos de gestión organizacional.

Esta concepción de gestión sistémica, asume que el deber ser organizacional se ve reflejado cotidianamente en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos[6], en los indicadores privilegiados en estos procesos de toma de decisiones. Entonces podrían tener un espacio de encuentro los fines de la organización y los indicadores que soportan la toma de decisiones buscando coherencia y a través del lenguaje de los indicadores empezar un diálogo de fines organizacionales.

Pero ante un nuevo marco de gestión, que vela por la racionalidad de los medios en relación con los fines, es decir, que se pregunta por la coherencia de los medios utilizados para alcanzar unos fines

[6] La autora interpreta una concepción cercana en las palabras de Juan Mendialdua, quien relaciona las decisiones cotidianas como evidencias del deber ser de la universidad, en Pensando la Universidad. Editorial Panapo, Venezuela, 2001.

reconocidos, surgen varias preguntas, entre ellas: ¿Cómo se reconocen y hacer explícitos los posibles fines frente a los cuales evaluar la coherencia de los medios utilizados?, ¿Cómo evaluar la gestión organizacional en términos de esta racionalidad?, Para el caso en estudio, ¿Cómo hacer evidentes los fines en la gestión de la Universidad?, Cómo serían las herramientas tecnológicas que soporten una gestión que persiga la racionalidad planteada?.

Indagar por este camino, permitiría a la organización y en particular a la Universidad como caso de estudio, evaluar este segundo tipo de gestión y poner en discusión los propósitos que ante la búsqueda de alternativas operacionalizables, a las que invitan las propuestas de medición y control, se asumen como dados, incuestionables y apropiados y muchas veces inadvertidos por muchos miembros de la organización.

Para generar la discusión de fines, se hace necesario reflexionar con el grupo gestor y hacer explícito, a través de valores en los indicadores representados en el modelo construido, un ideal de Universidad que en contraste, responda a fines alternativos a los propuestos en el diseño del micromundo. En la revisión bibliográfica realizada hasta el momento se han encontrado versiones formales de ideales de Universidad como las planteadas en el estudio sistémico-interpretativo de la Universidad de los Andes de Mérida[7]: Universidad tecnológica, Universidad paidética, Universidad investigadora. Con el modelamiento y la simulación, se pretende reflejar la diversidad de ideales de universidad, y por tanto, la diversidad de fines en dos capas: a nivel de los valores de los parámetros del modelo actual, mediante el diseño de escenarios y a nivel de la estructura del modelo, modificando sus variables y sus relaciones, mediante el diseño de estructuras de realimentación que conduzcan a los fines dados.

4. Micromundo caso de estudio

El desarrollo del caso de estudio, presentó dos fases de diseño e implementación, en la primera fase, se buscó representar los principales indicadores numéricos del proceso de acreditación de programas de educación superior propuesto por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA, 1996) en los factores: estudiantes, profesores y recursos financieros. En este prototipo se hizo énfasis en el modelo y en el simulación. En la segunda fase se mejoró el modelo y la interface de usuario y se concentró la mayor atención el diseño educativo orientado a una experiencia de Aprendizaje Organizacional que permitiera vivenciar una gestión universitaria trascendente, como la propuesta en el capítulo tres.

4.1 Prototipo uno

Este primer micromundo se presenta con detalle en (Arguello y Gélvez, 2002). El micromundo está orientado a diseñar una estrategia de mantenimiento de la población estudiantil a partir de la estructura de ciclo cerrado conformada por la población estudiantil que se genera a partir de los estudiantes inscritos en el programa de facultad que pasan a ser matriculados en primer semestre e incrementan la población de estudiantes activos, una población alta de estudiantes activos en el programa genera una imagen atractiva para la población aspirante y motiva la inscripción de nuevos estudiantes en este programa, causando un mayor número de bachilleres aspirantes al programa, que a su vez incrementa el número de admitidos y matriculados en primer semestre que incrementa la población de estudiantes activos.

---

[7] Estudio realizado por el grupo de investigaciones en Sistemología Interpretativa de la Universidad de los Andes, en Mérida, Venezuela y presentado en System Practice, Kluwer Academic/Prenum Publishers, No. 4, 1991.

También se modelan dos ciclos reguladores de la población estudiantil como los generados por los estudiantes desertores con la población de estudiantes activos y por los egresados con la población de estudiantes activos.

Desde la gestión de los recursos financieros se presentan tres ciclos: uno conformado por los recursos financieros utilizados para la contratación de profesores dedicados a la docencia lo cual lleva a que haya más profesores en docencia, pero devuelve un efecto regulador de los recursos ya que a estos docentes se les debe pagar su nómina. El segundo ciclo se encuentra dado por la relación establecida entre los recursos financieros que posibilitan nuevos contratos y estos, más profesores en investigación, permitiendo que se realicen más proyectos de investigación, generando ingresos por patrocinio externo a la investigación e incrementando los recursos financieros. Un tercer ciclo muestra que a más recursos financieros se puede hacer nuevos contratos de docentes dedicados a extensión con los cuales se realizan más consultorías, permitiendo que se generen más ingresos de recurso financiero. Los tres ciclos de realimentación relacionados con los recursos financieros, conducen a tomar decisiones respecto de la distribución de recursos en la contratación de personal docente de acuerdo con su perfil de cátedra, investigación o extensión. La figura 5.0 presenta el diagrama causal del modelo subyacente.

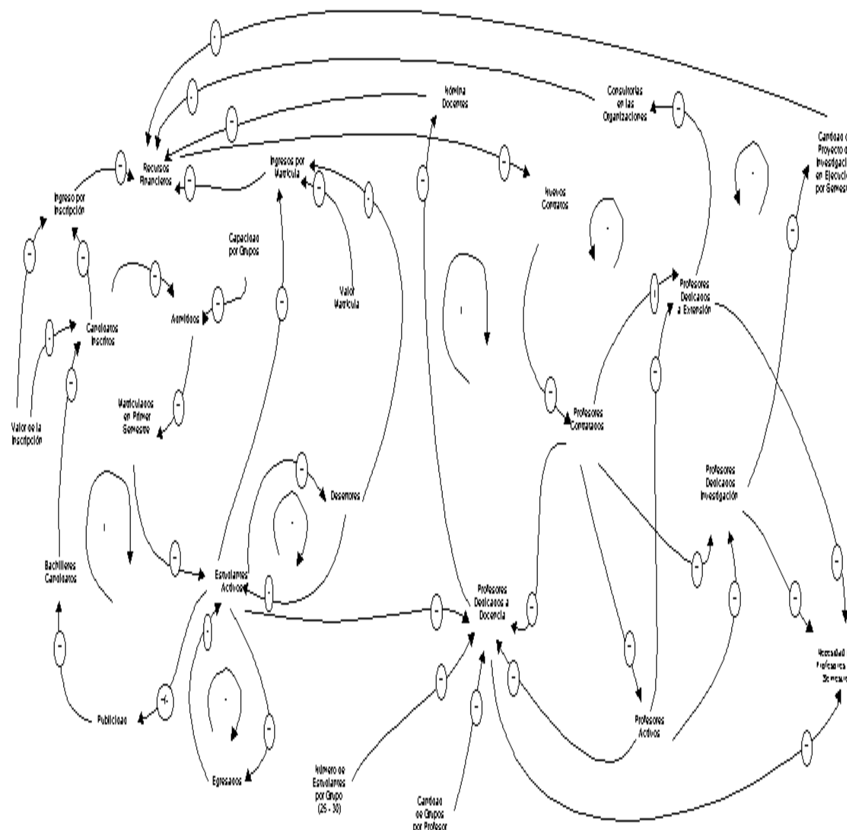


Figura 5.0 Diagrama causal del Micromundo Versión 1.0.

La interface de este primer micromundo se orientó a ofrecer al tomador de decisiones, en este caso, El decano de la Facultad, en un tablero de control, donde se podían cambiar los parámetros como valor de la matrícula, cantidad de grupos por profesor, cantidad de estudiantes por grupos, número de profesores a contratar, salarios de los profesores, tasa de renuncia y tasa de contratación de

profesores en las tres diferentes funciones: docencia, investigación y extensión; y visualizar las dinámicas de indicadores como recursos financieros, estudiantes, profesores activos (profesores, extensión e investigación), egresados, desertores. La fígura 6.0 presenta esta interface.

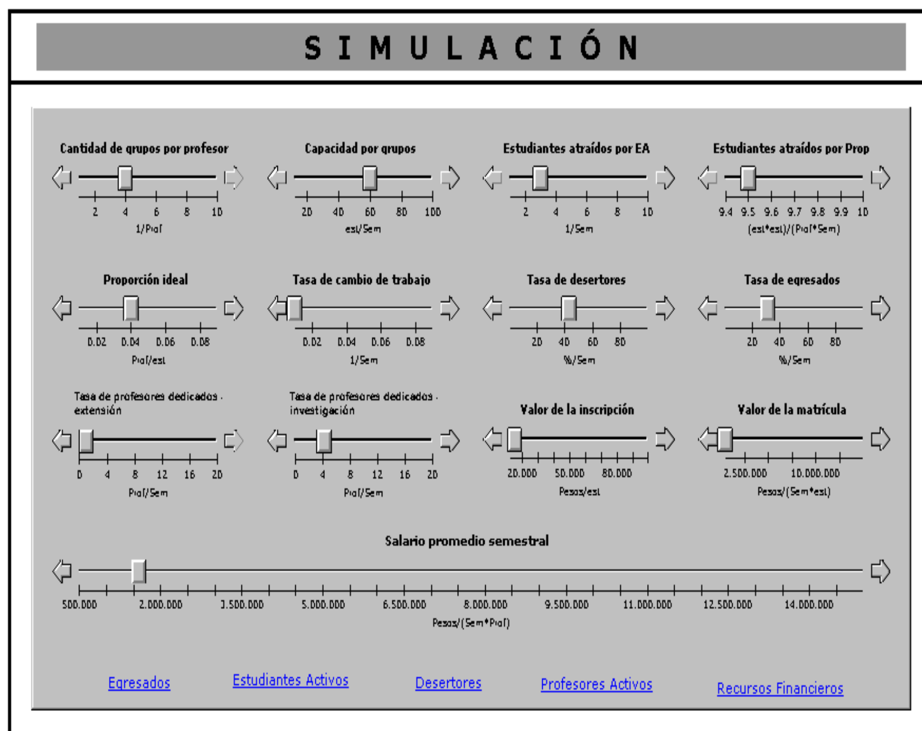


Figura 6.0 Interface Micromundo versión 1.0.

4.2 Prototipo dos

El micromundo de la segunda versión amplia el modelo de la versión anterior y comprende una revisión de las experiencias recogidas durante la investigación con diferentes versiones de micromundos de apoyo a la gestión, donde la gestión sobre el medio competitivo en donde se encuentra la organización es un factor estratégico (People Express, B&B e EasyJet), con versiones adaptadas del modelo de Bass (Sterman, 2000). Este modelo genérico sugiere el reconocimiento del mercado y de los competidores al producto o servicio que la organización en estudio ofrece y reconoce una curva de difusión de productos o servicios motivada por dos aspectos a tener en cuenta: el primero es por difusión boca a boca, o estrategia de publicidad y mercadeo personalizada y reforzada por el good will de la organización y el segundo es por retiro voluntario de los posibles clientes ante ofertas suplementarias u otras condiciones del mercado (en el caso de la Universidad privada, estos dos aspectos determinan la capacidad de atracción de estudiantes por parte de la organización y el reconocimiento de otros competidores en el medio). La estructura del modelo subyacente considera la gestión de recursos internos de la Universidad como planta física, personal y equipamiento que le garantice a la Institución una capacidad para atender la demanda o la población estudiantil esperada; de otra parte como organización suscrita en un mercado de bachilleres posibles usuarios de sus servicios educativos, la estructura de modelamiento comprende una representación del mercado, que le permite medir su mercado objetivo y reconocer la competencia presente (otras universidades, otros programas de formación suplementarios y/o otros factores que capturan población candidata del programa en gestión) que también genera estrategias para garantizar una capacidad adecuada para atender el sector del mercado deseado; en esta visión de gestión en el mercado.

Para el caso de la Universidad privada colombiana y, en particular la UNAB como caso de estudio, se encuentra que el momento de la curva de aprendizaje para el mercado de la Ingeniería de Sistemas, puede encontrarse en la zona derecha, entre el sector de auge y el sector de decadencia, esto debido al surgimiento durante la última década de programas con títulos y áreas de estudio similares, verbo y gracia, Ingeniería mecatrónica, telématica e informática. La figura 7.0 presenta el diagrama de niveles y flujos.

Figura 7.0 Diagrama de Niveles y Flujos, Micromundo versión 2.0.

En la segunda versión, también se mejora la interface orientándola a un ambiente gráfico, como lo presenta la figura 8.0. Esta interface busca explotar las ventajas tecnológicas que ofrece PowerSim para diseñar micromundos.

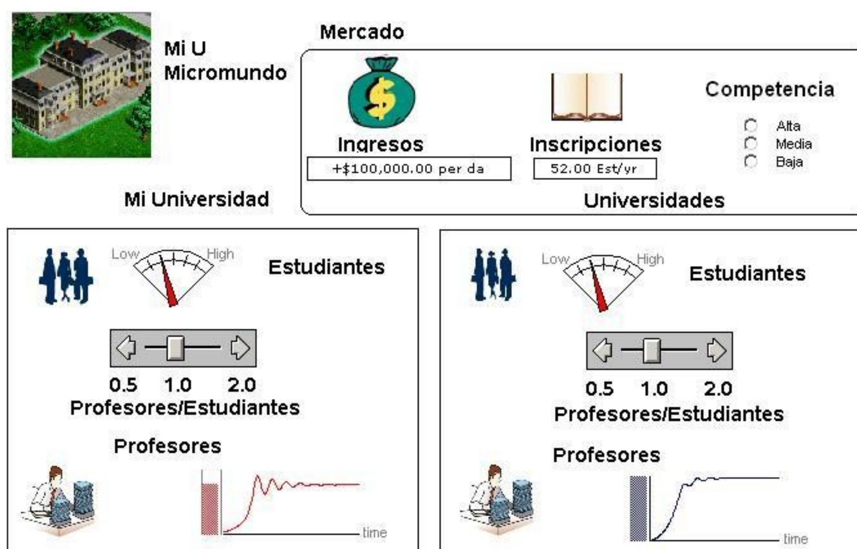


Figura 8.0 Interface Micromundo versión 2.0.

4.3 Prototipo tres

En un proceso de reingeniería de la interface, se desarrolló la tercera versión del Micromundo mi Universidad, mejorando la presentación inicial de la meta a cumplir, las vistas de los modelos causales ordenadas por estructuras dinámicas y la confrontación de supuestos previos y posteriores a la toma de decisiones como soporte de un proceso de aprendizaje. Estas últimas funcionalidades se diseñaron con el propósito de explorar el Diseño educativo como componente fundamental de la propuesta de lineamientos metodológicos adelantada en el desarrollo de estainvestigación. Para el caso del prototipo se realizó un diseño educativo orientado a facilitar un proceso de aprendizaje organizacional. La figura 9 presenta la pantalla de presentación. Las figuras 10 y 11 presentan algunas vistas de la interface de esta versión.



Figura 9. Presentación inicial del micromundo U3.



Figura 10. Presentación de resultados en U3

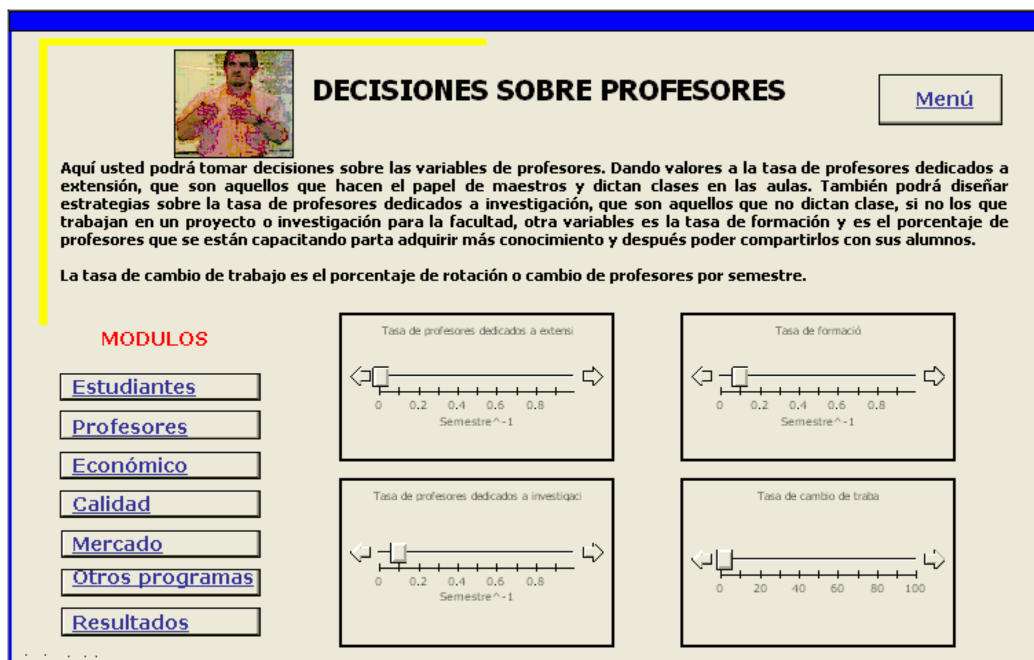


Figura 11. Presentación de decisiones relacionadas con el profesorado en U3.

La presentación de las estructuras dinámicas se cumplió como requisito de un micromundo en esta versión tal como lo presenta la figura 12.

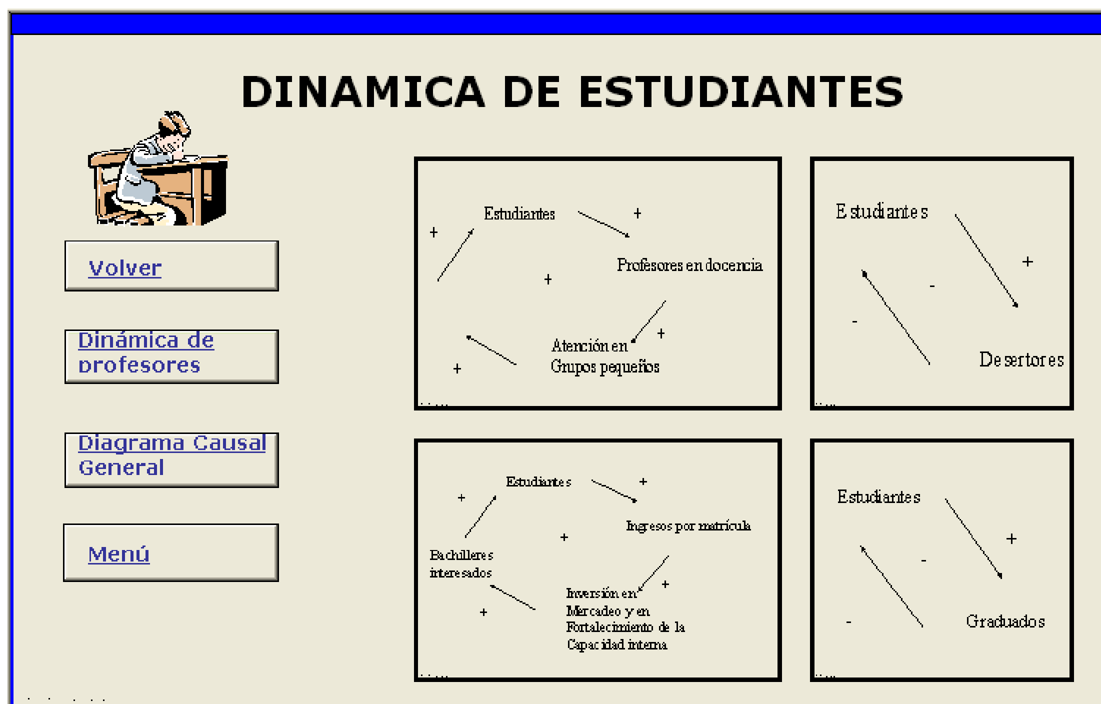


Figura 12. Presentación de las estructuras dinámico-sistémicas en el Micromundo Mi Universidad

4.4 Validación del modelo subyacente al micromundo mi universidad

La validación del modelo que soporta la aplicación resultante se presenta en varias facetas:

En primer lugar, se debe validar la pertinencia del modelo para representar la gestión de la Universidad. Esta validación parte del propósito de representación de las variables cuantitativas de modelo CNA para evaluar y acreditar programas universitarios. El modelo asume la representación de los factores estudiantes, profesores y recursos financieros. El factor estudiantes se modela en sus características de tipo numérico como Estudiantes admitidos por semestre, estudiantes activos, tasas de deserción, tasa de titulación y tiempo de graduación. El factor profesores se representa en las características número de profesores, porcentaje de dedicación a la docencia, a la investigación y a la extensión, tasa de permanencia y salario promedio. El factor recursos financieros se representa en los ingresos por matrículas y en los egresos por sostenimiento de la nómina profesoral y por inversión en mercadeo y publicidad.

En segundo lugar se debe validar la estructura de realimentación Dinámico-Sistémica. Para modelar las dinámicas de la gestión de la universidad, se tomó como base el arquetipo crecimiento y subinversión, una estructura dinámica muy popular en los micromundos de la comunidad internacional donde se orienta la gestión de la organización hacía el equilibrio entre la demanda de sus bienes y servicios y la capacidad para atender dicha demanda, en función de la regulación de recursos internos o de la regulación de expectativas del mercado. El producto a vender es la formación de profesionales, atendidos por los vendedores del saber, que son los profesores. La capacidad de los profesores está dada en el número de grupos que atienden, en las investigaciones que realizan y en las actividades de extensión que llevan a cabo. La Universidad debe tomar decisiones sobre la inversión para contratar profesores, para incrementar la capacidad al ritmo de la demanda generada con la debida atención de cursos, de investigaciones, de producción intelectual y de servicios de extensión. El bucle 1., de crecimiento ilimitado se refleja en la relación entre estudiantes activos que requieren y permiten la contratación de más profesores quienes imparten clases de excelencia y desarrollan proyectos de investigación y de extensión, actividades que dan prestigio a la Universidad y que traen más estudiantes, que incrementan el número de estudiantes activos, incrementando los ingresos en matrícula y permitiendo una mayor contratación de profesores. El bucle 2, de equilibrio entre una demanda creciente, que para ser atendida, requiere una mayor recarga en los profesores e inconformismos en la formación, que llevan a disminuir la demanda y en consecuencia, a disminuir el número de estudiantes que se matriculan nuevos cada semestre. El bucle 3., de capacidad de producción es el que suaviza la crisis de la Universidad, implementando una política de inversión que se dispare frente a un estado observado como límite o tolerable o con una comparación entre el estado actual y el estado deseado en la población de estudiantes activos. Esta política de inversión debe lograr disminuir el retardo en el servicio o suavizar el inconformismo de los demandantes, donde la nueva capacidad está en función del retado de la atención del servicio, Se concentra en revisar el precio, la calidad y la competitividad del profesorado para mitigar la baja de calidad y el inconformismo de los estudiantes, padres de familia, patrocinadores de la investigación y clientes o beneficiarios de la extensión.

De otra parte, la estructura dinámico-sistémica utilizada para representar las relaciones externas de la universidad, en este caso con el mercado de bachilleres y con las otras universidad que le hacen competencia en la oferta de programas de formación similares, sigue el modelo de mercado de Bass; este modelo ha sido documentado ampliamente por Sterman en su libro Strategic Dinamics y se orienta a reflejar la dinámica de captura de clientes en un mercado competitivo, a partir del reconocimiento de la población objetivo y de los motivos para la atracción y el desencanto del bien o servicio ofrecido, así como de la capacidad de captura de los competidores y de su velocidad de reacción ante el movimiento del mercado.

En tercer lugar, se debe validar la parametrización del modelo para la simulación. Para este caso se tomaron las estadísticas de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de

Bucaramanga en el rango de 1992 al 2000 como rango histórico y los escenarios se basaron en las políticas de la administración universitaria antes y después de la Reforma del 2003.

En cuarto lugar, se deben validar los resultados de la simulación en su correspondencia con el comportamiento histórico y esperado. En cuanto al comportamiento histórico se contó con las estadísticas históricas para el período 1992-2000 y se revisó su tendencia con los resultados de la simulación en el horizonte 1992-2012, los cuales reflejaron tendencias similares a las encontradas en el archivo histórico. En cuanto a los comportamientos esperados, se encuentran dos formas de validación, de una parte los usuarios, en este caso los miembros del comité de acreditación y el cuerpo profesoral de la Facultad quienes participaron en tres talleres de construcción del modelo y evaluación del micromundo para apoyar una experiencia de aprendizaje organizacional, estas experiencias y su aceptación de parte de la comunidad consultada se registran en el acta de reuniones de la Facultad. El otro camino de validación se da en la revisión de los resultados de la simulación y las tendencias esperadas por los miembros de la comunidad. En este punto de la validación, se deben considerar las circunstancias de cambio en el mercado detectadas en el 2005 por los gestores del mercadeo institucional y la consecuente disminución de la población de estudiantes interesados en la carrera y con el retardo de los cinco años de escolaridad, la disminución de estudiantes activos a medida que se iban graduando los existentes.

En quinto lugar, se debe validar la eficacia de la herramienta, es decir, el cumplimiento de su propósito. En este caso, se abordó un diseño educativo orientado a un proceso de aprendizaje organizacional. En esta última validación, aparece el elemento subjetivo del comportamiento esperado, y aparece la duda por la necesidad de validar de manera objetivista una herramienta con propósitos subjetivistas. Recuérdese aquí, que los micromundos se constituyen en herramientas para la experimentación, experimentación de supuestos del tomador de decisiones. ¿Qué pasa con la validación del aprendizaje ganado por el tomador de decisiones sobre las consecuencias dinámico-sistémicas de su intervención?. La validación a nivel del usuario, podría revisarse con la aceptación que hace el tomador de decisiones sobre la utilidad del micromundo es decir sobre su potencial como herramienta para el aprendizaje dinámico-sistémico. Para el caso de aplicación, se hicieron presentaciones y pruebas con el equipo docente de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, quienes aportaron en la construcción del modelo y en la evaluación de la interface, así como en la realización de un taller de aprendizaje organizacional como ejemplo de diseño educativo.

5. Propuesta de lineamientos metodológicos para el diseño de micromundos para la gestión universitaria

Los lineamientos metodológicos que se fueron consolidando durante el desarrollo de esta investigación, se pueden estructurar en cuatro aspectos, a saber:

5.1 Sobre el procedimiento o protocolo

Con base en la sistematización de la experiencia de entrenamiento de gerentes de la Escuela de Negocios del Sloan, en el MIT, donde se desarrollaron los primeros micromundos y por ende, se constituyó la práctica de los micromundos como objetos de aprendizaje, se pueden destacar los siguientes momentos en una proceso de aprendizaje apoyado con un micromundo, los cuales a su vez, implican requerimientos de diseño educativo que debe implementar el micromundo en una interface de usuario interactiva:

- Presentación del caso a gestionar, su historia y estado actual. Este paso en el proceso de

aprendizaje requiere que el micromundo como aplicación informática, ofrezca una interface de usuario con la presentación en texto e imagen de las políticas de gestión de la Universidad y de las restricciones para la toma de decisiones.

- Presentación de metas. Esta característica es fundamental para un proceso de toma de decisiones apoyado en un micromundo, ya que en términos de Forrester[8] la jerarquía básica de una estructura dinámico-sistémica implica cuatro elementos: La meta u objetivo a alcanzar que representa el estado deseado, el estado actual observado, la discrepancia entre los dos estados y la política asumida por la organización para ir de un estado a otro, expresada en una acción deseada.

- Reconocimiento de indicadores de desempeño del sistema. Los niveles o variables de estado soportan el sistema de indicadores de la gestión de la Universidad, reunidos en: La dinámica poblacional de los estudiantes con indicadores como Estudiantes activos, estudiantes graduados y estudiantes desertores. Indicadores de personal como número de profesores, salario promedio de contratación y porcentaje de dedicación a actividades de docencia, investigación y extensión. Indicadores de gestión financiera, representados en el equilibrio ingresos-egresos, que para el caso de la Universidad privada, son garantes de auto-sostenibilidad financiera con variables como ingresos por matrículas y egresos por pago de nómina.
- Presentación de variables de control. En este conjunto se deben considerar todas las variables que permiten representar las decisiones a tomar y que bajo la Dinámica de Sistemas se representan en tasas, constantes o multiplicadores: Para el caso de la Universidad se han definido variables de control en relación con el número de grupos nuevos a ofrecer, la cantidad de grupos a ser atendidos por profesor, el número de estudiantes a matricular por curso, el tiempo asignado a las funciones de docencia, investigación y extensión en los profesores, el porcentaje de los ingresos invertido en publicidad y mercadeo, el valor de la matrícula y el salario promedio por docente.
- Presentación de estructura causal-cíclica. Para cumplir los propósitos de aprendizaje organizacional, se deben ofrecer vistas de la estructura causal-cíclica que ilustren las interrelaciones en afectan los indicadores de desempeño y que se pueden direccionar a través de las variables de control. Para el caso de la Universidad se presentan cuatro estructuras cíclicas a saber: La primera esta dada por la dinámica de crecimiento ilimitado típica del mercado, generada por el número de estudiantes activos, que genera más ingresos por matrícula para la institución, con los cuales se puede invertir en mayor mercadeo y publicidad, para atraer más estudiantes nuevos que incrementen el nivel de estudiantes activos. La segunda estructura dinámica esta dada por la concepción de recursos limitados, que para el caso de la universidad se puede reflejar en la tendencia a copar la capacidad de la planta física o en la regulación de recursos financieros por el sostenimiento del profesorado, ya que a medida que crece el ingreso, se cuenta con un mayor presupuesto para motivar el mercadeo y la publicidad, atrayendo un mayor número de nuevos estudiantes, que incrementan el número de estudiantes activos, para los cuales se requieren más profesores, que incrementan los gastos por nómina y que reducen los ingresos ganados por matrículas. El tercer ciclo se relaciona con la gestión de la calidad y su consecuencia en el incremento del atractivo de la universidad, ya que al presentar indicadores de calidad altos con producción intelectual del profesorado dedicado a la investigación, reconocimiento de la extensión y formación de calidad en la docencia, se genera un atractivo adicional al mercadeo y a largo plazo más trascendente, que atrae nuevos estudiantes, que incrementan los ingresos por matrícula y que permiten contratar más profesores para sostener los niveles de calidad. El cuarto ciclo, también de refuerzo, evidencia estrategias de consecución de recursos adicionales a las matrículas, que para el caso de la universidad, la puede orientar

[8] Presentación de los principios de la Dinámica de Sistemas originalmente publicado en la Revista Gestión Industrial del Sloan School del MIT, Industrial Management Review, MIT Sloan School, Vol. 9, No. 2, 1968 y Reimpreso en: Forrester, Jay W., 1975. Collected Papers of Jay W. Forrester. Waltham, MA: Pegasus Communications, 284 págs. Divulgado como lectura complementaria en el material educativo del Grupo de Investigación en Dinámica de Sistemas, en RoadMaps con el código D-4079-12.

hacía una universidad investigadora que genera ingresos por proyectos de investigación financiados externamente o hacía una universidad consultora, que concentra sus ingresos en servicios de asesoría al medio empresarial y de gobierno.

- Presentación del modelo en niveles y flujos. De acuerdo con el lenguaje propio de la Dinámica de Sistemas, se sugiere entrenar al grupo de usuarios del micromundo para leer el diagrama de niveles y flujos, de manera que tenga una visión comprensiva de las dinámicas de la institución y logre diferenciar los indicadores de desempeño representados en niveles, de las variables de control, representadas en tasas y multiplicadores. También es recomendable lograr la comprensión de la cadena de estados de las unidades materiales como estudiantes, profesores, recursos financieros, imagen institucional y de las cadenas de información que enlazan los datos sobre el estado actual del sistema con la toma de decisiones.
- Presentación y/o diseño de escenarios. Para el caso de la Universidad y siguiendo la propuesta de una gestión trascendente con Dinámica de Sistemas, los escenarios se constituyen en la forma de expresar los tipos de universidad hacía los cuales se puede orientar la meta y las decisiones del gerente. Por ejemplo, la orientación de la universidad hacía una universidad profesionalizarte, llevaría a definir metas con un alto número de estudiantes, y se tomarían decisiones alrededor de grupos grandes y con varios cursos por profesor, en contravia con un modelo de universidad investigadora que asumiría como meta, una alta producción intelectual, y con decisiones orientadas hacía grupos pequeños y pocos grupos por profesor para disponer de tiempo para la investigación.
- Expresión de comportamiento esperado de acuerdo con la lógica causal. Para conducir la confrontación de modelos mentales o supuestos de gestión en el tomador de decisiones y por consiguiente, motivar el proceso de aprendizaje, el micromundo debe ofrecer mecanismos para registrar el comportamiento esperado de parte del tomador de decisiones antes de la simulación, y su posible justificación en términos causales. Para el caso de estudio, esta representación del comportamiento esperado se logró con la presentación de curvas de trayectorias de los indicadores proyectadas en planos cartesianos, de las cuales, el usuario debía tomar una y se ofreció un formato de edición de texto para escribir la justificación del comportamiento seleccionado. En el proceso de diseño educativo, esta parte merece especial atención y futuros desarrollos en función de la exploración de las ventajas multimediales de las interfaces de usuario, de manera que se haga más ágil y transparente el paso de una aplicación a otra para hacer el registro de los supuestos, ya que en el caso del prototipo se manejó pasando de la interface de PowerSim a la interface de VisualBasic.
- Simulación. El proceso de simulación requiere ser encapsulado por el micromundo haciendo uso de una herramienta de desarrollo propia o con ayuda de una herramienta existente en el mercado, como es el caso de PowerSim, VenSim, Evolución o Ithink. Una herramienta que reúne las dos condiciones de simulación y desarrollo de interfaces para el micromundo es Microworlds. Para lograr mayor independencia de las plataformas computacionales y una mayor consistencia de la aplicación software se recomienda desarrollar el motor de simulación y presentar en la interface de usuario, los controles básicos de simulación como son Inicio de simulación, simulación paso a paso y simulación en una sola corrida. Para el caso del prototipo desarrollado se utilizó el motor de simulación de la herramienta PowerSim Studio 2001, con la utilidad modo de presentación. Como parámetros de simulación para el caso de la Universidad, se recomienda: El paso del tiempo en semestres, el horizonte temporal a 10 años, es decir, 20 semestres, tiempo durante el cual se pueden ver reflejadas consecuencias de decisiones en dos cohortes de estudiantes.
- Análisis de resultados de simulación y comparación con el comportamiento esperado. Este paso cierra el ciclo de aprendizaje soportado en el micromundo, en la medida en que pone en confrontación el supuesto de comportamiento previamente definido o seleccionado por el usuario y la respuesta simulada del sistema. En este paso el Diseño educativo tiene que definir las formas de interacción del usuario con el micromundo y la intervención del instructor u

orientador del proceso de aprendizaje.

- Explicación de coherencia o incoherencia entre lo esperado y lo obtenido. Para el caso de un Diseño Educativo orientado al Aprendizaje Organizacional, este paso, implica un trabajo en equipo y la búsqueda de una visión compartida, facilitadas en el micromundo por las funciones de registro de supuestos, de edición de texto explicativo de las decisiones tomadas por cada usuario y de posibilidades de interacción usuario-usuario en una plataforma en red. El prototipo logrado se limita a trabajo monousuario con el registro de experiencias de simulación y supuestos en archivos que pueden ser consultados por otros usuarios posteriormente. Se recomienda explorar funcionalidades de conectividad en red para facilitar el uso de micromundos en grupo.
- Generación de conclusiones de relación estructura-comportamiento. El propósito educativo de los micromundos está orientado a motivar en el usuario la apropiación de las dinámicas de comportamiento del sistema simulado y la capacidad para generar conclusiones sobre el efecto de las decisiones tomadas para reforzar o atenuar estas dinámicas. Para el caso de la gestión universitaria, en este paso debería lograrse una explicación causal de los efectos generados con la variación en los porcentajes de inversión en mercadeo, publicidad, contratación de profesores para la docencia, la investigación o la extensión y el manejo de indicadores de calidad.

5.2. Sobre la arquitectura

De acuerdo con los momentos expresados como requerimientos finales del micromundo en la sección anterior, una arquitectura propuesta para el diseño de micromundos podría organizarse alrededor de cuatro módulos organizados así:

2. *El Diseño Educativo*. Reune los propósitos de aprendizaje en relación con la situación representada por el micromundo como herramienta de aprendizaje, es decir, reune los conceptos dinámico-sistémicos de interés para el micromundo, los escenarios, metas, variables de control y presentación de resultados a poner a disposición del usuario para la experimentación y el aprendizaje sobre la situación organizacional partícular, que para el caso de estudio, corresponde a la situación de gestión de un programa de pregrado en el marco de una concepción de la Educación superior como un servicio para un mercado competitivo. Este servicio responde a una dinámica de crecimiento y subinversión propia de una empresa que afecta el mercado a través de sus acciones de publicidad y mercadeo y busca el equilibrio en la gestión de su capacidad interna para atender el mercado esperado. Siguiendo la denominación estándar en Informática Educativa, el diseño educativo debe resolver los siguientes interrogantes: ¿qué aprender?, ¿cómo aprenderlo?, ¿cómo motivar y mantener motivados a los usuarios?, ¿cómo saber que el aprendizaje se está logrando? (Galvis, 1992).
3. *El modelo*. Reune los indicadores de gestión de la universidad y las tasas de cambio que representan el rango de las decisiones a tomar para mantener la organización en un proceso de reducción de la discrepancia generada entre un estado deseado y un estado actual observado. Tanto indicadores como tasas se interrelacionan en ciclos de realimentación cerrados de refuerzo o atenuación, utilizando el lenguaje propio de la Dinámica de Sistemas (Forrester, 1961-1968).
4. *El simulador*. Reune las funcionalidades de un motor de simulación, que itera el modelo matemático haciendo uso de un método de integración como Euler o Runge Kutta. Facilita la definición de parámetros de simulación como horizonte de simulación, paso de tiempo y condiciones de parada. Para el caso de estudio, se utilizó la herramiento PowerSim Studio 2001 siguiendo el método de Euler y con un horizonte de simulación de 10 años, equivalentes a 20 semestres, tiempo en el cual se ven los efectos de las decisiones de gestión sobre dos cohortes de un programa. El paso del tiempo es el semestre y se utilizan las opciones de simulación paso a paso y simulación en una sola corrida.

5. *La interface*. Recoge la imagen e interactividad del micromundo mediante vistas o ventanas de presentación de texto, imagenes, gráficas cartesianas, haciendo uso de botones de selección de opciones para navegar el micromundo en los diferentes momentos sugeridos en la sección 5.1.

El Diseño Educativo debe iniciar el proceso de diseño, ya que con base en el propósito de aprendizaje o experimentación que se tenga, se definirán las variables del modelo a representar, los parámetros y escenarios de simulación y la interface de usuario con la interacción necesaria para lograr el propósito educativo.

5.3. Sobre las tecnologías utilizadas

El ambiente generado con el micromundo debe hacer uso de tecnologías como las descritas en la tabla 5.0, de acuerdo con el nivel de condición necesaria para cumplir con los requisitos mínimos para ser un micromundo o condición deseable para ofrecer una herramienta de aprendizaje con más funcionalidad.

TECNOLOGÍA	CONDICION DE USO
Diagramas causales.	Necesario, como lenguaje afín con la formulación matemática de la Dinámica de Sistemas.
Diagramas de niveles y flujos.	Deseable, como lenguaje afín con la formulación matemática de la Dinámica de Sistemas.
Graficación en el plano cartesiano.	Necesario, como lenguaje afín con la formulación matemática de la Dinámica de Sistemas.
Interfaces de captura de parámetros para la interactividad con el usuario.	Necesario, como la condición básica de una interface de aprendizaje basada en tablero de control.
Animaciones.	Deseable, para ofrecer un mayor nivel de lectura de las dinámicas del sistema representado con el micromundo, haciendo un mayor aprovechamiento de las funcionalidades multimediales y de animación de las aplicaciones de última generación.
Interfaces de juego individual.	Necesario, para organizar el uso del micromundo hacía la consecución de una meta y con unos recursos controlables. Esta condición es la más encontrada en los micromundos revisados en el capítulo 2.
Interfaces de juego en grupo en red.	Deseable, para soportar el aprendizaje en equipo y la toma de decisiones colaborativa
Interfaces Web.	Deseable, para soportar el aprendizaje en equipo y la toma de decisiones colaborativa
Bases de datos de usuario	Deseable, para el registro y la revisión de supuestos previos y posteriores a la simulación

Tabla 5.0 Uso de componentes tecnológicos en un micromundo

Conclusiones

Durante el desarrollo de la investigación, se presentaron diversas inquietudes en torno al carácter

sistémico de los micromundos, generándose la pregunta por el aporte que podría hacer el pensamiento sistémico y en particular, la Dinámica de Sistemas a la gestión universitaria. Con esta investigación surgieron las primeras luces sobre una modalidad de Dinámica de Sistemas que responda al afán trascendente del Pensamiento Sistémico, que la autora viene bautizando con el nombre de "Gestión trascendente" con Dinámica de Sistemas, la cual permitiría revelar los fines organizacionales que subyacen a las políticas y acciones en el modelamiento y facilitaría el diálogo entre los tomadores de decisiones sobre dichos fines, su impacto y la consecuente organización de medios para alcanzarlos de manera eficiente, ganando conciencia sistémica de su gestión o en otras palabras, haciendo un "uso crítico" de la Dinámica de Sistemas para la gestión.

Los micromundos como tecnología informática ofrecen una mayor difusión de la Dinámica de Sistemas en el campo de la gestión organizacional, ampliando la comunidad de usuarios a los gerentes, tomadores de decisiones organizacionales y a las instituciones educativas que asumen el aprendizaje organizacional, quienes se encuentran con interfaces que encapsulan modelos, motores de simulación y guías de aprendizaje dinámico-sistémico.

Una mirada Dinámico – Sistémica de la gestión universitaria, podría ofrecer una mayor comprensión de la organización que se gestiona en relación con las consecuencias en el tiempo de las decisiones tomadas y una estructura en forma de red donde las diversas ramas del árbol de indicadores, propia del modelo CNA, se entrelazan por la interdependencia causal, que permita una mirada integradora del programa. La gestión del cambio bajo este nuevo modelo, se vería entonces como la lectura permanente de indicadores de calidad frente a las condiciones reales y proyectadas de un programa en gestión, la medición de la discrepancia generada entre el ideal y el diagnóstico actual y la evaluación de alternativas de gestión para la eficaz disminución de esta discrepancia.

La definición de lineamientos metodológicos para el diseño de micromundos para la gestión del cambio y la toma de decisiones en la Universidad, se constituyó en un proceso de inducción a partir de la revisión de micromundos reconocidos por la comunidad internacional de la Dinámica de Sistemas y en un proceso de investigación-reflexión de los pasos recorridos en el desarrollo de los prototipos del caso de estudio.

La indagación por el diseño educativo, llevó a cuestionar qué se deseaba enseñar con un micromundo universitario como el construido en el prototipado. La exploración de esta pregunta llevó a reconocer el tipo de representación de Universidad subyacente en la el modelo que soporta al micromundo. Este tipo de representación obedece a una organización empresarial que se enfrenta a cambios en el mercado y que se prepara fortaleciendo su capacidad interna bajo el arquetipo de crecimiento y subinversión. Esta representación ya viene sesgada por un afán de ver la universidad como una empresa ofertora de servicios educativos.

Bibliografía

Andrade, Hugo 2.001. Dynner Issac; Espinosa, Angela; López Garay, Hernan y Sotaquirá, Ricardo. *Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

_______. 2002. *La informática y el cambio en la Educación: Una propuesta ilustrada con Ambientes de modelado y simulación con Dinámica de Sistemas. Proyecto MAC*. En Memorias I Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas. Colombia.

Arevalo, 1999. Simulador dinámico-sistémico para apoyar políticas de investigación en la UNAB. Yohana Arevalo y Gina Gutierrez,investigación de pregrado, Facultad de Ingeniería de Sistemas. Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Argyris, C. y Schön, D. 1978. *Organizational Learning: A Theory of Action perspective*. Reading, Mass.: Addison Wesley. USA.

Arguello, Adriana y Gelvez, Lilia, 2000. *Micromundos para apoyar la gestión universitaria, un caso de estudio*. Documentos Internos de Trabajos de Grado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Colombia.

Baez, et. al. 1998. Microworld to support decision making and organizational learning in a Department of a Colombian University. 1998. Quebec, Canada. 16th International System Dynamics Conference. Baez, Jorge. Cabrera, Jose Daniel. Rueda, Guillermo y Sotaquirá, Ricardo.

Becerra, 1999. Propuesta de una estrategia para catalizar el aprendizaje organizacional en la Corporación Centrosistemas con base en un estudio sistémico. 1999. Angelica Becerra, Germán García, Gloria Herreño. Pregrado en Ingeniería de Sistemas, Convenio Centrosistemas-Universidad INCA. Bucaramanga. Colombia.

Cabrera, Cadena, Parra y Salazar, 2000. Micromundo de apoyo a la toma de decisiones y al aprendizaje Organizacional en Mercadefam S.A. Memorias del V Congreso Colombiano de Informática Educativa, Bucaramanga. Colombia.

Correa, 1999. Herramientas sistémicas sobre TICs en la UNAB centrada en decisiones sobre uso e inversión. Ana Correa y Laura Peña.investigación de pregrado en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Bucaramanga, Colombia.

Davidsen, Pal. Spector, Michael and Milrad, Marcelo. 2001. *Model Facilitated Learning*. Working Paper accepted for publication in a volume edited by Som Naidu entitled: Technology and the development of teaching and learning. En ProQuest. http://wwwlib.umi.com/dissertations/.

Dyner, Isaac. Larsen, Erik y Lomi, Alessandro. 2003. *Simulation for organizational learning in competitive electricity markets*, in Risk and Flexibility in Electricity, Introduction to the fundamentals and techniques. Edited by Anne Ku. Risk Books, London.

Forrester, Jay. 1.961. *Industrial Dynamics*. Productivity Press, Portland. En español. Dinámica Industrial. El Ateneo, 1968. Buenos Aires.

Fuenmayor, Ramses. 2001. *Interpretando Organizaciones…Una Teoria Sistémico-Interpretativa de Organizaciones*. Universidad de los Andes, Consejo de Publicaciones, Consejo de estudios de Postgrado, Merida, Venezuela.

Fuenmayor, Ramsés. Bonucci, Mario. López-Garay, Hernán. 1991. *An Interpretative -Systemic Study of the University of Los Andes*. System Practice, Vol. 4. No. 5. UK.

Kennedy, Michael, 2002. *An extended Taxonomy of System Dynamics Models of Higher Education*. Proceedings of the XX International Conference System Dynamics Society. Italy.

Maier, Frank y Grobler, Andreas. 2000. *What are we talking about? – A taxonomy of computer simulations to support learning*. In System Dynamics Review. Vol. 16. No. 2. Summer. Wiley. UK.

Mahmoud, M. and P.Genta. 1993. *Microworld of an Open University: A Strategic Management Learning Laboratory*, Proceedings of the 1993 International System Dynamics Conference, Mexico.

Morecroft, John. Sterman, John. Graham, Alan. And Senge, Peter. 1992. *Model-supported case studies for management education*, In Modelling for Learning .European Journal of Operations Research. Vol. 59. P. 151 – 166. Wiley, North-Holland.

Papert, S. 1980. *Mindstorms*. Basic Books. New York.

Peña, 1999. Micromundo sistémico de apoyo a la toma de decisiones en la Especialización en Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenería de Sistemas de la UNAB. Abigail Tello, Claudia Rueda y Eleonora Peña,investigación de pregrado, 1999. Universidad Autonoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

Senge, 1990. *The Fifth Discipline: The Art and practice of Learning Organization*. Doubleday/Currency, New York. En español: 1992. La Quinta Disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente. Editorial Granica.

Serrano, María Cristina y Sarmiento, Román Eduardo. Micromundo para apoyar el diseño de un programa de postgrado en Pensamiento Sistémico.investigación de pregrado, 2000. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

Szelest, Bruce Philip. 2003. *A system dynamics assessment of organization strategic goal realization: Case study of a public research university*. PhD. Disertations. State University of New York at Albany. En ProQuest. http://wwwlib.umi.com/dissertations/preview_all/3107153.

Sterman, John. 1988. *People Express Management Flight Simulator*. Software and documentation available from author Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology. 02142.

______. 1989. *Modeling managerial behavior:Misperceptions of feedback in a Dynamic decision making experiment*. In Management Science. Vol. 35. No. 3. Mach, The Institute of Management Sciences. USA.

_________. 2000. Business Dynamics, System Thinking and modelling for a complex world. McGraw-Hill, New York.

Yaman, Barlas. 1997. *Decision support for strategic university management: A dynamic interactive game. UNIGAME.* Sytem Dynamics Conference Proceedings. Turkey.

Sarmiento y Serrano, 1999. Micromundo dinámico-sistémico para apoyar la gestión organizacional de un postgrado sistémico en la UNAB, Roman Sarmiento y María Cristina Serrano Guzman, investigación de pregrado, Facultad de Ingeniería de Sistemas, 135 pag. Univesidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia.

Modelo Integrado para el Desarrollo de Emprendimiento y Asociatividad en instituciones de educación media de Bogotá – MIDEA

Luisa Fernanda Rodríguez Valbuena. Email: luisa_frv@yahoo.com
Instituto Superior de Pedagogía. Universidad Autónoma de Colombia.

Resumen

El presente estudio se adelantó con el objetivo de proponer una nueva postura frente al concepto tradicional de emprendimiento que lo reducía a procesos individuales de generación de empresa, por uno sustentado en la *construcción colectiva* de las responsabilidades y garantías de cada uno en la sociedad, guiada por la iniciativa colectiva e individual y por la creatividad, ello implicó conectarla con el concepto de desarrollo de la *asociatividad* definida como *la habilidad del individuo para facilitar la cooperación entre los sujetos hacia el logro de objetivos comunes*, desde la formulación de un modelo conceptual y metodológico para evaluar e incrementar las competencias en emprendimiento y asociatividad en los estudiantes de dos instituciones públicas de educación media de Bogotá que facilitara y sirviera a la vez como herramienta de mejoramiento de la educación media en este sector logrando impactar poblaciones de alta vulnerabilidad socioeconómica.

El diagnóstico, caracterización y fortalecimiento del emprendimiento y asociatividad inició con la medición del grado o nivel de emprendimiento latente (conocimientos, competencias, personalidad y entorno) en los estudiantes mediante el cruce de información obtenida en una encuesta inicial aplicada, complementada posteriormente con una intervención, lo que permitió estructurar proyectos de empresas comunitarias, todo lo anterior a la luz de los componentes del proyecto de vida de cada estudiante, sin descuidar la relevancia de la formación académica en este proceso.

1. INTRODUCCIÓN

Bogotá se proyecta en el contexto nacional e internacional con grandes retos en lo tecnológico, económico y cultural, que demandan especial cuidado en las instituciones de educación, particularmente en las de educación media, ya que son estas las responsables de formar las futuras generaciones y sus aportes en una ciudad más productiva, incluyente y solidaria. La terminación de estudios básicos y medios para gran parte de esta población representa la finalización de su ciclo educativo y el inicio de su trasegar por el inhóspito campo de la búsqueda de supervivencia, esto demanda la reorganización de las instituciones escolares hacia procesos que permitan de un lado enseñar al alumno a poner en práctica lo que aprende y de otro adaptar la enseñanza a los nuevos retos que impone la globalización la cual ha traído consigo fenómenos como que el crecimiento del país este soportado en formas de economía no asalariada, según el informe de la UNESCO, 2000[1]. Esto implica que las instituciones de educación media deban asumir la responsabilidad de fomentar en sus educandos las competencias que le permitan generar su propio sustento al egresar del sistema educativo. El fomento del emprendimiento y sentido de colectividad se plantea como una alternativa interesante para alcanzar la pertinencia que la educación media requiere sobretodo en el sector oficial, disminuyendo de paso la creciente problemática de deserción de los estudiantes.

---

[1] Jaques D`lors. La educación encierra un tesoro. UNESCO. 2000

El concepto de ***emprendimiento*** propuesto en la presente investigación aunque si bien se apoya en principio en la acepción del francés, entrepreneur (pionero), pretende ser entendida como *la capacidad de una persona para estructurar proyectos que generan calidad de vida propia y para su comunidad*, fue analizado en la adolescencia porque en esta etapa el sujeto empieza a ejercer su *vida en comunidad* la cual esta determinada por la *construcción colectiva* de las responsabilidades y garantías de cada uno en la sociedad. Una educación que permita al estudiante pasar de modelos de imposición y repetición a procesos de construcción, guiados por la iniciativa colectiva e individual y por la creatividad, implican conectarla con el concepto de desarrollo de la ***asociatividad*** definida como *la habilidad del individuo para facilitar la cooperación entre los sujetos hacia el logro de objetivos comunes*.

A la luz de de este nuevo concepto fueron evaluadas y analizadas las competencias en emprendimiento y asociatividad en los estudiantes de la Media Vocacional de los Colegios IED Aquileo Parra e IED Rafael Uribe Uribe, a partir de la formulación de un modelo integrado constituido por un modelo conceptual, un modelo metodológico y un modelo en dinámica de sistemas que representó el sistema facilitando su comprensión y futuras acciones. La metodología usada fue el estudio de caso contextualizado. Se procedió a medir el grado o nivel de emprendimiento latente (potencial emprendedor) en los estudiantes mediante el cruce de información obtenida en una encuesta inicial aplicada para la identificación del perfil, complementada posteriormente con una intervención consistente en talleres de sensibilización y actividades de interacción, que permitieron identificar diferentes potencialidades emprendedoras en cada colegio, para finalmente poder evaluar su alcance con la ayuda de un modelo de simulación en dinámica de sistemas.

Emprendimiento y Ciudanía

Una visión complementaria visualiza el emprendimiento como una “actitud transversal en el terreno cultural, político o empresarial, que permite un análisis desde una óptica que enfatiza el valor del ciudadano comprometido y su dimensión solidaria como creador cultural, como generador de riqueza y trabajo, como político en acción en el seno de la comunidad” (Flores, Spinosa & Dreyfus, 1997, p. 14)

Donde el elemento nutricio que asegura el desarrollo de una ciudadanía pluralista, es que la sociedad reconozca y facilite el derecho de ciudadanía como un conjunto de capacidades y competencias cívicas para la participación en la comunidad. De allí la importancia de ligar al concepto de emprendimiento el de competencia cívica.

Desde esta perspectiva, según (García Canclini, 1995, p.19) "los derechos de ciudadanía son entendidos como principios reguladores de las reglas de reciprocidad esperada en la vida social a través de la determinación, mutuamente acordadas (y negociadas), de las obligaciones y responsabilidades, de las garantías y prerrogativas de cada uno”, donde el propender por una educación propiciatoria de derechos para ejercer una ciudadanía pluralista, surge como la aspiración de toda sociedad moderna.

De esta manera la ciudadanía no sólo tiene una dimensión socio-política, sino también una dimensión socio-comunicacional y cultural, que vista desde la racionalidad comunicativa de Habermas, sugiere a diferencia de la meramente instrumental, una racionalidad comunicativa que abandona la esfera individual y sitúa el foco de la acción en la cooperación entre los sujetos. Los actores, movidos por la acción comunicativa, no persiguen la consecución de un fin egoísta sino que aspiran a coordinarse a través de actos de entendimiento.

ACCIÓN COMUNICATIVA

- promover la participación
- extender la toma de decisiones
- configurar la identidad individual y colectiva
- aumentar la cooperación
- lograr mayor satisfacción personal

ACCIÓN INSTRUMENTAL

- aumentar la productividad
- minimizar los costes
- maximizar los beneficios

"El sujeto, como actor social, no puede ser pensado al margen del sistema en que está inscrito". Anthony Giddens (1986)

Esta reflexión hace pensar de inmediato en el concepto de competencias comunicativas conexo con el de interacción social, que visto desde diferentes posturas puede sentar la base para un mejor entendimiento del concepto de asociatividad, enunciado en la introducción. De otro lado es fundamental el marco de sentido que la teoría social aporta al concepto de competencias desde la noción del agente humano cognoscente (Giddens, 2001), porque enmarca el sentido de las acciones como el resultado de las disposiciones internas y/o motivadas a partir de las interacciones con el campo social en el que el sujeto se mueva.

Para Bourdieu, el dar cuenta de lo cotidiano conlleva un marco de sentido práctico que constituye una "teoría de la práctica realizada a partir del situarse en la actividad real como tal y que está constituida por el sistema de disposiciones estructuradas y estructurantes (-habitus-, véase Bourdieu, 1991). Esto es, el sentido práctico está representado por aptitudes para moverse, actuar y orientarse según la posición ocupada en el campo social y de acuerdo con la lógica del propio campo".

Al igual que Giddens, para Bourdieu, "la acción implica una motivación entendida como necesidad ligada a elementos afectivos de la personalidad (miedo, etc) y un interés definido como los resultados o eventos que facilitan la satisfacción de las necesidades de los sujetos".

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En este punto del texto, es necesario plantear algunas preguntas, ¿Es posible describir y comprender la importancia, estructura y operación de los procesos de fortalecimiento de competencias para el emprendimiento en dos instituciones escolares?¿A partir de dicha comprensión es posible diseñar estrategias y tácticas que permitan a estas comunidades y organizaciones rezagadas frente al cambio, alcanzar posiciones favorables para su permanencia en el tiempo?

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo integrado constituido por un modelo conceptual, un modelo metodológico y un modelo en dinámica de sistemas que permitiera evaluar e incrementar las competencias en emprendimiento y asociatividad en los estudiantes de dos instituciones de educación media del Distrito Capital.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si tiene importancia la formación académica en que el estudiante sea emprendedor.

- Identificar las competencias y rasgos básicos en el desarrollo del espíritu emprendedor y asociativo de los estudiantes (variables objeto de estudio).
- Caracterizar los estudiantes involucrados mediante la elaboración de una detallada base de datos.
- Diseñar e implementar un programa de interacción (intervención) que fortalezca la asociatividad y el emprendimiento de los estudiantes de la media vocacional en los colegios elegidos.
- Identificar los arquetipos funcionales y las posibles relaciones entre las diferentes variables identificadas.
- Describir el comportamiento del sistema definido y las relaciones de causalidad entre las variables para formular el modelo dinámico correspondiente.
- Diseñar un modelo en simulación dinámica que facilite la medición del impacto y evolución alcanzados con el programa de intervención implementado.
- Definir posibles escenarios de comportamiento del sistema y realizar la simulación con la ayuda del paquete Vensim.
- Diseñar una propuesta metodológica que fomente la asociatividad como motor de capital social que fortalezca las competencias en emprendimiento de los estudiantes.
- Formular las estrategias pedagógicas necesarias para el fortalecimiento y desarrollo de las competencias de fomento de la capacidad emprendedora de los estudiantes de la Media Vocacional en los colegios oficiales elegidos.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Abordar una situación problemática o simplemente proponer a partir de la experiencia, de la teoría o desde ambas de manera simultanea; un "diseño" o una manera de actuar en una organización, implica necesariamente una serie de acciones distribuidas en el tiempo, creando la ilusión de orden, de "método", sin embargo, la metodología hace referencia al paradigma epistemológico desde el cual se realiza el "diseño" o modelo de comprensión, que tratándose de una investigación de carácter social en la que las preguntas de investigación en si mismas demandan el diseño de un método, amerita una reflexión previa.

En este sentido la tradición científica expone la metodología como una etapa anterior a la realización de una investigación, se insiste que se use el método, para darle "legitimidad" a la construcción de conocimiento. La postura de Bachelard es que en principio hay una diversidad de métodos, además que estos emergen en la propia investigación o que se "desarrollan al margen -a veces en oposición- de los preceptos del sentido común... El método es verdaderamente una astucia adquirida, una estratagema nueva, útil para la frontera del saber." (Bachelard, 1973: 39). Así el método no es exógeno al sujeto, no es propiedad de una disciplina o de un problema, es en las ciencias sociales, la esperanza de hallar patrones, es el modo de actuación que un sujeto se impone en un domino de acción particular.

Por otro lado, el sistema de indagación hace énfasis en la relación entre el sujeto-problema, como una unidad de análisis, se entiende que "el problema no es independiente del sujeto y tampoco es creación exclusiva de éste." (Aldana y Reyes, 2004:32). Esta perspectiva constructivista complementada con el estructuralismo interpretativo de Giddens, en donde los individuos crean su entorno mediante procesos de reestructuración, serán la guía apara abordar las preguntas de investigación y la problemática planteada.

Jiménez (2002:45), cita a Yin (1994), quien considera que la estrategia de caso es pertinente cuando un estudio empírico busca examinar un fenómeno en el contexto de la vida real o cuando las fronteras entre los fenómenos y su contexto son imprecisas.

Es recomendable el estudio de caso, cuando los lugares de interacción y los actores participan de forma irrepetible y única, es decir, que en una intervención organizacional los modos y los tiempos para observar los resultados varían. Considerando estas variaciones, es esperable, sin embargo, que el método propuesto, resultado de esta tesis, sea una guía para el diseño ajustado a otras instituciones en donde el criterio del diseñador, facilitador u otros actores es fundamental, para alcanzar efectivamente los resultados requeridos.

INVESTIGACIÓN ACCIÓN

Kurt Lewin, afirma que “la investigación social implica dos clases de problemas..., a saber, el estudio de las leyes generales de la vida grupal y el diagnóstico de situaciones especificas.” (Salazar:1992:16). En este caso, por tratarse del estudio de dos instituciones educativas con un perfil propio y que además no sólo pretende diagnosticar, sino trasformar, la investigación acción es un elemento importante a tener en cuenta, en la medida que el facilitador o tallerista, será simultáneamente observador y diseñador, al igual que los participantes. “La observación participante es un método de investigación en el cual el observador se involucra en los procesos y eventos que definen la realidad estudiada... Presupone la inmersión del investigador en la realidad y una gran medida de interacción con los actores sociales directos.” (Zamosc en Salazar:1992:89 y 90).

Entonces los participantes, cumplen el doble papel de hacer evidente los obstáculos y diseñar acciones consensuadas para disolverlos. Aquí, “la investigación participativa (IAP) esta surgiendo como una manera intencional de otorgar poder a la gente para que pueda asumir acciones eficaces hacia el mejoramiento de sus condiciones de vida [o laborales].” (Park en Salazar:1992:137).

LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Se desprende de los numerales anteriores las limitaciones que asume éste trabajo de investigación:

- La imposibilidad de generalizar formalmente las conjeturas que se desprenden, validas para los dos casos estudiados y probablemente para muchas instituciones que comparten características similares en su tipo de gestión como se argumenta en la bibliografía referenciada.
- La falta de instrumentos de observación y seguimiento a las actitudes, comportamientos, cambio en el lenguaje y de las competencias en su vida diaria, es decir, fuera de las sesiones de los talleres, limita las conjeturas sobre el alcance y efecto de los talleres en el incremento del potencial emprendedor.
- Las habilidades y competencias del facilitador o tallerista, el conocimiento previo de los antecedentes culturales y familiares de los participantes, son factores determinantes en los resultados del ejercicio, además difícilmente medibles.

A pesar de las limitaciones y de instrumentos de observación para evaluar el efecto posterior del desempeño en la vida cotidiana de los estudiantes, es evidente que las propuestas de cambio con los talleres y actividades adelantadas, causaron en las instituciones una dinámica de transformación importante. Además, los docentes, los directivos docentes y los distintos colaboradores comprobaron las bondades de la formación en competencias para el emprendimiento con los proyectos implementados que motivaron la reestructuración en los PEIs de cada colegio.

2. MODELO INTEGRADO PARA EL DESARROLLO DE EMPRENDIMIENTO Y ASOCIATIVIDAD - MIDEA

El MIDEA está compuesto por tres grandes modelos o instrumentos producto de la presente investigación, el Modelo Conceptual a partir del cual se construyeron los conceptos y variables de estudio, el Modelo Metodológico que se presenta a continuación y el Instrumento de Medición y Evaluación del MIDEA (INEMO) adelantado en dinámica de sistemas.

Con el objeto de analizar, comprender y medir las formas de organización y su estructura al interior de cada institución se aplicó una encuesta inicial que permitió determinar el potencial emprendedor de cada estudiante, en función de las variables de emprendimiento definidas en el marco de referencia.

PREVIO A LA INTERVENCIÓN REALIZADA



Figura 1 Variables en el potencial Emprendedor. Fuente : (Rodríguez, 2006)

El potencial emprendedor en el presente trabajo se evaluó a la luz de lo encontrado en la encuesta inicial aplicada, como la consistencia presentada por los estudiantes respecto a su proyecto de vida, las actividades que desea adelantar cuando finalice su formación y lo que hizo y está haciendo para lograrlas. Referido a cuatro variables (componentes del proyecto de vida):

- Presencia de iniciativas de negocio
- Disposición y desempeño asociativo
- Presencia de ideas de negocio asociativo
- Disposición y desempeño académico

El grupo de emprendedores en cada colegio, con el que se continuó la intervención directa para evaluación de ideas de negocio y estructuración de planes de negocio, fue el que existiera coherencia entre las cuatro variables o componentes del proyecto de vida.

VARIABLE	METODOLOGÍA Y HALLAZGOS
Presencia de iniciativas de negocio	El 17% de los estudiantes analizados, han tenido iniciativas de negocio individual y actualmente las desarrollan en su tiempo libre en el colegio o fuera de el, en su mayoría corresponden a venta de artículos diversos especialmente golosinas y el objetivo de esta actividad es generar ingresos adicionales para inversiones a corto plazo y con fines específicos (como gastos fin de semana, ropa o artículo específico). Los que afirmaron realizar actividades diferentes a las comerciales manifiestan su deseo de continuar con esta actividad y constituirse en empresarios.

Disposición y desempeño asociativo	Para medir la disposición hacia el trabajo en equipo así como la posición de liderazgo y aceptación dentro del grupo, indicadores de la capacidad de confianza, cooperación y comunicación de cada individuo con su grupo, fue necesario conocer inicialmente la opinión de los estudiantes respecto a la importancia de asociarse y la argumentación a dicha pregunta así como conocer con quién estarían dispuestos a asociarse en cada curso. Estos resultados se complementaron con las dinámicas de cooperación y comunicación. Encontrándose que en su mayoría afirman que es importante asociarse porque se tiene ayuda y más oportunidades, aunque también hay una proporción importante que afirma que se puede solo. El desempeño asociativo se midió en función del grado de centralidad de cada estudiante respecto a la red establecida en cada curso, la posición de centralidad dentro del curso se midió solicitándoles responder a la pregunta: Con quien estaría dispuesto a asociarse de su curso para formar empresa?. La estructura de red obtenida en cada curso se corroboró con las actividades de interacción desarrolladas para poder validar la información. (ANEXO 2)
Presencia de ideas de negocio asociativo	Los estudiantes que tienen ideas de negocio asociativo constituyen un porcentaje importante de la población en el IED Rafael Uribe Uribe porque obligatoriamente deben generar ideas de negocio por grupos como logro a alcanzar dentro del currículo. Aunque son muy diversas las ideas presentadas por los estudiantes en los colegios, la idea que mayor frecuencia presenta es la de conformar un Bar con un (9%), seguida de las Tiendas de Víveres con el (8%), empresas de Publicidad (7%), Comidas rápidas (6%), Venta o confección de ropa (5%) y Fábrica de chocolates (5%).
Disposición y desempeño académico	Respecto a esta última variable tenida en cuenta para medir el potencial emprendedor, se consultó por el deseo de continuar estudiando y de llegar a ser profesionales en el futuro, las respuestas convergieron en la mayoría de los casos, lo cual se constituye en el principal factor de desaliento y desmotivación en los jóvenes que al egresar del colegio deben enfrentarse a un entorno que no les ofrece posibilidades económicas para seguir estudiando y pocas facilidades para incorporarse al mundo laboral ni aún habiéndose capacitado.

Tabla 1 Hallazgos en variables de potencial emprendedor.[2]

DEFINICIÓN DE CLASES DE EMPRENDIMIENTO

- **Emprendedores sin ideas de negocio asociativo.** Corresponde a los estudiantes que habiendo manifestado deseo de ser empresarios haber desarrollado en algún momento de su vida alguna actividad comercial por iniciativa propia no tienen ninguna idea en el momento que se pueda adelantar asociativamente. (C2)
- **Emprendedores con ideas de negocio asociativo.** Es el grupo con mayor potencial emprendedor detectado ya muestra consistencia elevada entre sus actividades pasadas presentes y futuras (componentes del proyecto de vida). (C1)
- **No emprendedores sin ideas de negocio asociativo.** Son el grupo más pobre en cuanto a potencial emprendedor se refiere, y como se puede evidenciar en los gráficos de análisis comparativo corresponde a una porción importante de la población. (C4)
- **No emprendedores con ideas de negocio asociativo.** Este grupo también muestra baja coherencia o correspondencia entre los componentes de su proyecto de vida, lo que no los cualifica con un alto potencial emprendedor. (C3)

[2] Las Figuras y gráficos estadísticos que soportan esta tabla se encuentran en el Anexo 1.

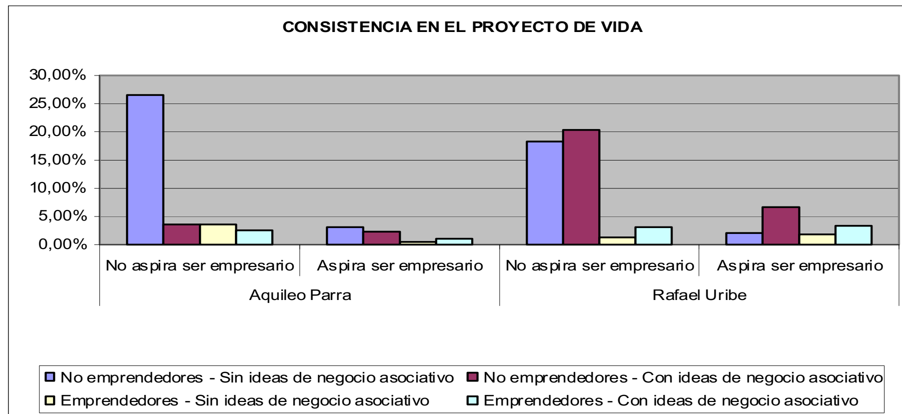


Figura 2 Consistencia del proyecto de vida

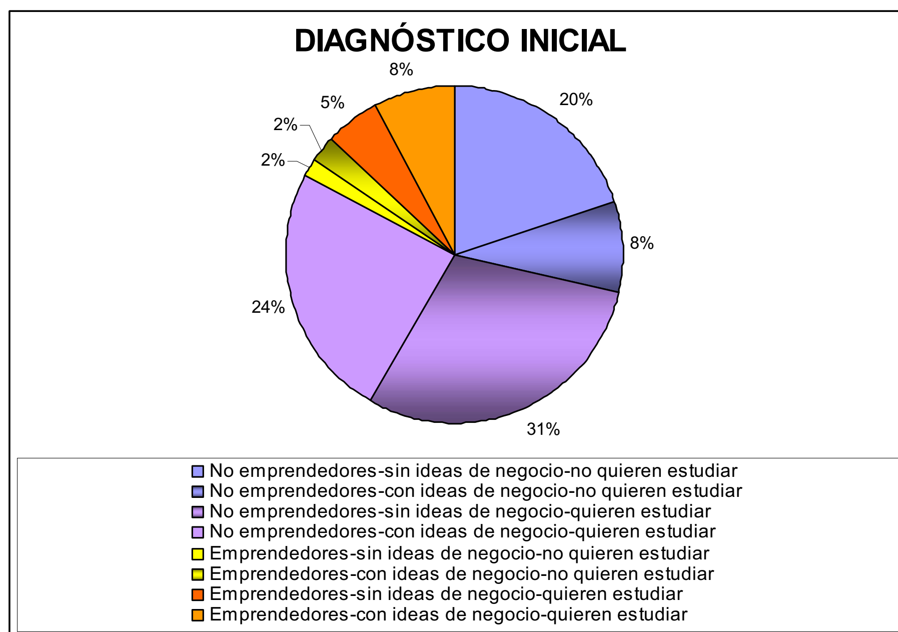


Figura 3 Clases de emprendedores

		No emprendedores		Total No e	Emprendedores		Total Empr	Total gener
COLEGIO	ESTUDI	Sin ideas d	Con ideas de negoci		Sin ideas de	Con ideas de negocio asociativo		
Aquileo Parra	No quiere e	51	6	57	4	2	6	63
	Quiere estu	64	17	81	12	12	24	105
Total Aquileo Parra		115	23	138	16	14	30	168
Rafael Uribe	No quiere e	27	27	54	3	7	10	64
	Quiere estu	52	78	130	9	18	27	157
Total Rafael Uribe		79	105	184	12	25	37	221
Total general		194	128	322	28	39	67	389

Tabla 2 Definición de grupo de emprendedores potenciales.

DURANTE LA INTERVENCIÓN ADELANTADA

La propuesta metodológica estuvo encaminada a favorecer el surgimiento de escenarios dentro del aula que permitan el fortalecimiento de competencias para el emprendimiento y asociatividad de cada curso implementada como proyectos transversales en el PEI o a manera de actividades en el área de gestión empresarial.

MODELO METODOLÓGICO DE INTERVENCIÓN

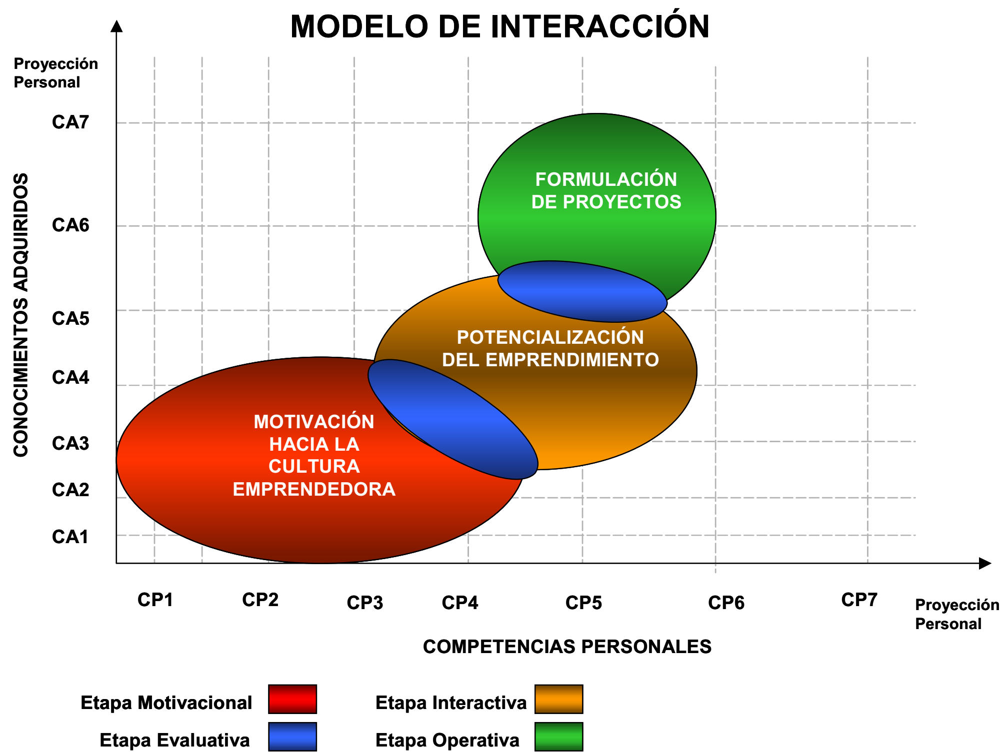


FIGURA 4 Proceso de intervención.

Durante el proceso de intervención con los estudiantes se definieron tres grandes etapas: La primera de motivación hacia la cultura emprendedora, se caracteriza porque los avances cognitivos y de desempeño de un estadio a otro (CA1 a CA2) son menos significativos, al estar orientada esta etapa en motivar y sensibilizar al estudiante hacia la importancia de ser emprendedor, otra característica importante de resaltar y el motivo por el cual la etapa se esquematiza en la Figura 4 como un óvalo cuyo diámetro mayor se encuentra sobre le eje horizontal se debe a que la mayoría de avances alcanzados en esta etapa es a nivel de competencias personales y su tamaño más grande con relación a las demás etapas se refiere a que esta fase se realiza en toda la población de estudiantes de la Media Vocacional.

En la transición de una etapa a otra se adelantan fases de evaluación que permiten evidenciar el nivel de avance alcanzado e ir cualificando el grupo de emprendedores dispuestos a comprometerse en un proyecto bien sea de inversión como plan de negocio o en cualquier otro tipo de proyecto.

La segunda etapa de interacción propiamente dicha, permiten alcanzar avances más significativos, por cuanto el grupo ya se ha cualificado a través de la primera etapa de transición evaluativa realizada al finalizar la etapa anterior, donde con la ayuda de la encuesta, las dinámicas de sensibilización y los test aplicados se realiza la categorización de los estudiantes en cuatro niveles de emprendimiento, en esta segunda etapa con la ayuda de los juegos de confianza, comunicación y cooperación se afinan los resultados obtenidos en la primera y se cualifican las categorías de mayor emprendimiento, para obtener al final de esta etapa un grupo de potenciales nuevos empresarios, listos y comprometidos para emprender proyectos, esto toma dos meses, de igual manera durante la transición a la siguiente etapa se genera una

evaluación del proceso que permite identificar los potenciales empresarios en cada curso a quienes se les convoca a asistir a la capacitación extraclase.

En la tercera etapa se desarrollan ideas de negocio y proyectos, en esta etapa hay muchos que desertan en promedio el 70%. Estos proyectos generados se constituyen en el éxito acumulado del proceso que se transfiere en nuevos niveles de asociatividad que retroalimenta nuevamente el sistema e incide positivamente en el entorno al generar desarrollo para la comunidad alrededor de los nuevos emprendedores empresarios. Para ilustrar mejor este proceso dinámico de intervención se presenta la Figura 5 a continuación.

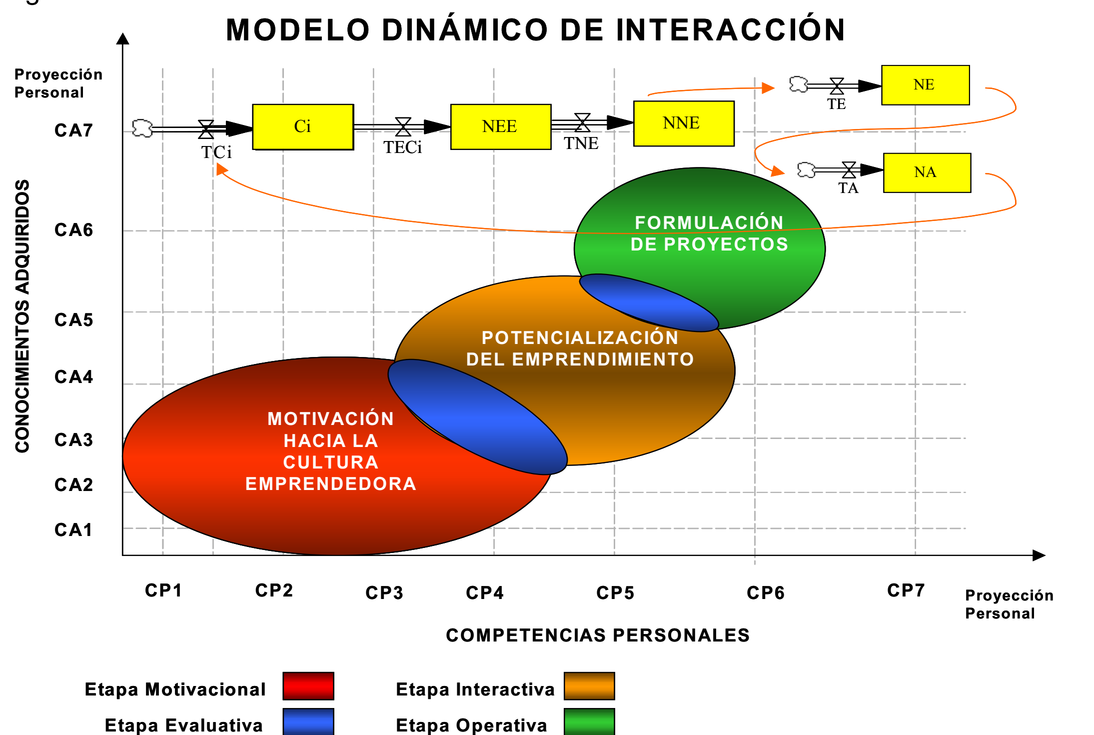


FIGURA 5 Proceso dinámico de intervención.

El diagnóstico de las características y competencias se realizó en cada curso y colegio de manera cualitativa mediante dinámicas y juegos de interacción dentro del aula para validar lo encontrado en la encuesta inicial aplicada y a partir de las clases de emprendimiento ya establecidas en la encuesta, confirmar el nivel de competencias y características de cada estudiante

Al final de esta etapa la evaluación arrojó los siguientes resultados, en número de estudiantes que pasaron de una clase a otra o que se mantuvieron en la misma clase:

	CLASES-1				
CLASE	**1**	**2**	**3**	**4**	**Total general**
1	26	5	3	5	39
2	12	6	8	2	28
3	15	34	35	44	128
4	5	13	38	138	194
Total general	58	58	84	189	389

Para la segunda fase de potencialización del emprendimiento la población de estudiantes se distribuyó en número de la siguiente manera:

	CLASES-2				
CLASES-1	**1**	**2**	**3**	**4**	**Total general**
1	57	1			58
2	14	43		1	58
3	2	9	71	2	84
4		1	2	186	189
Total general	73	54	73	189	389

Finalmente fueron 15 estudiantes en total por ambos colegios quienes culminaron la capacitación de esta segunda etapa y pasaron a la tercera etapa de elaboración de un proyecto en cada colegio, la procedencia de estos estudiantes se muestra en el siguiente cuadro, se observa como hay 13 estudiantes que venían de la clase en la etapa anterior y hay dos que estaban en la clase 2, en esta tercera etapa no se midió a los demás estudiantes:

	CLASES-3		
CLASES-2	**1**	**N/A**	**Total general**
1	13	60	73
2	2	52	54
3		73	73
4		189	189
Total general	15	374	389

POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN

Partiendo del diagnóstico realizado en cada institución y de la revisión bibliográfica adelantada se procedió a realizar un análisis sistémico de los procesos de generación e impulso a la capacidad emprendedora con el objeto de identificar el o las arquetipos funcionales que describieran el sistema. Encontrando que el comportamiento del sistema corresponde al arquetipo de límite al crecimiento.

Análisis Sistémico del Problema

Analizando los factores que inciden en la generación de pensamiento colectivo y capacidad emprendedora surge el diagrama causal de la Figura 6 con dos ciclos, el de realimentación positiva de la parte inferior, donde el modelo mental de cada estudiante se fundamenta en los conocimientos, las competencias y los elementos culturales que ha acumulado durante su joven existencia para concebir proyectos de vida con una buena disposición frente a la acción y pensamiento colectivos que le permitan potenciar más fácilmente su capacidad emprendedora y asociativa, si por el contrario su modelo mental determina proyectos de vida orientados a la acción individual tendrá menor posibilidad de desarrollo de la capacidad emprendedora y asociativa, cumpliéndose el ciclo de balance o de realimentación negativa de la parte superior, dejando el sistema en equilibrio dinámico.

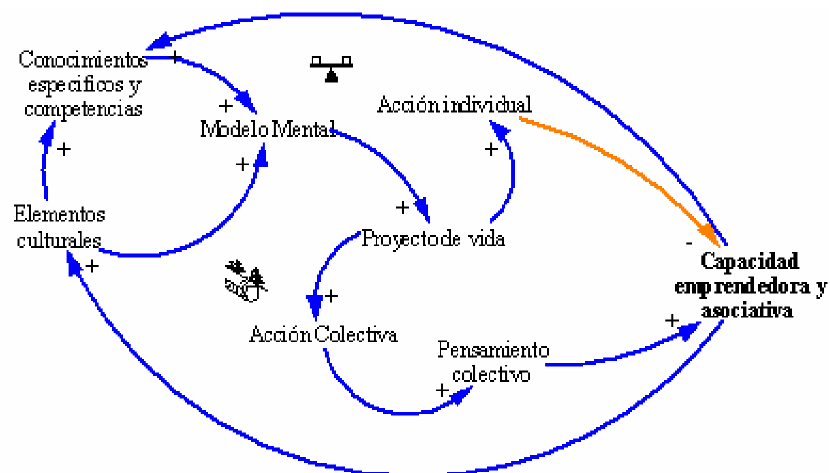


Figura 6 Ciclo para el emprendimiento positivo. FUENTE: (*)

RELACIÓN DE CAUSALIDAD	EXPERTO
Elementos culturales – Modelo Mental	SENGE(1990) "Modelos Mentales son supuestos hondamente arraigados"
Conocimientos específicos y competencias – Modelo Mental	SENGE (1990) "comprender y actuar"
Elementos culturales - Conocimientos específicos y competencias	SENGE (1990) "supuestos arraigados influyen modo de comprender y actuar"
Modelo Mental – Proyecto de vida	D´ANGELO (1996) "disposición de posibilidades internas y externas para darle forma al curso de la vida"
Proyecto de vida – Acción colectiva	RUSQUE(1998) "Proyectos colectivos donde el desarrollo es logrado de manera simultánea"
Proyecto de vida - Acción individual	RUSQUE (1998) "individuos que, en forma aislada, su capacidad emprendedora no llega al umbral requerido."
Acción colectiva – Pensamiento colectivo	RUSQUE (1998) "la acción se mide en función del grado de realización de objetivos grupales"
Pensamiento colectivo – Capacidad emprendedora y asociativa	RUSQUE (1998) "Hay capacidad emprendedora donde el proyecto no es mío, es de todos"
Acción Individual – Capacidad emprendedora y asociativa	RUSQUE (1998) "individuos que, en forma aislada, su capacidad emprendedora no llega al umbral requerido."
Capacidad emprendedora y asociativa – Conocimientos específicos y competencias	JIMÉNEZ y VARELA (1998) "La educación emprendedora, periodo de aprendizaje, que da al individuo maneras de ser, hacer y comportarse"
Capacidad emprendedora y asociativa - Elementos culturales	JIMÉNEZ y VARELA (1998) "emprendimiento provee conjunto valores personales de compromiso social"

Fuente: Luisa Fernanda Rodríguez (2006) esquema de formato[3].

La intervención realizada motiva la acción colectiva de los estudiantes, la cual genera el surgimiento de emprendedores y potenciales empresarios incrementando el éxito acumulado del proceso, pero de todas maneras habrá una población de estudiantes con tendencia hacia la acción individual que limitan el éxito de la intervención al limitar el crecimiento del emprendimiento como se observa en la Figura 7.

[3] Formato Tabla de Expertos, tomada de Méndez, Germán (2004). Diseño de prototipo diagnóstico para la pequeña y mediana empresa, PYME. Enfoque mediante sistemas dinámicos.

Figura 7   Modelo de Emprendimiento (*).

RELACIÓN CAUSAL	EXPERTO
(Intervención – Asociatividad)	ESPEJO (2003) "Las necesidades colectivas de ampliar variedad, obligan a hacer uso de la ingeniosidad para absorber la complejidad del entorno" SENGE (1995) "El concepto de *construcción de una visión compartida* es lograr unir a la gente en torno a una identidad y a una aspiración común"
Asociatividad – Emprendimiento	TOCQUEVILLE (1969) "la asociación es la ciencia madre, todo lo demás depende de ella" TORO, J.B. (2000) "Uno de los indicadores de pobreza más severos es no estar organizado"
Acción individual – Emprendedores	ARACIL (1995) "todo proceso de crecimiento tarde o temprano debe cesar. No hay un crecimiento indefinido"
Éxito - Asociatividad	TORO, J.B. (2000) "El primer paso para superar la pobreza en una sociedad es fortalecer las organizaciones" CCB (2003) "la asociatividad es la estrategia más eficaz para estructurar un tejido social altamente productivo"

Fuente: Luisa Fernanda Rodríguez (2006) a partir de la revisión bibliográfica realizada.

Instrumento de Medición del Modelo-INEMO

En la Figura 8 se presenta el diagrama de Forrester del sistema anteriormente descrito, fue elaborado en el paquete VensimPLE 32 versión 4.0d. El instrumento se fundamenta en la representación de los niveles de las variables, los cuales representan magnitudes que se acumulan con el paso del tiempo y son regulados por flujos de entrada y salida llamados tasas o variables de flujo y su representación es un cuadrado. La signatura de los niveles del modelo se presenta en la Tabla 3.

Niveles:

C1	Clase uno de estudiantes con más alto nivel de emprendimiento
C2	Clase dos de estudiantes con nivel medio alto de emprendimiento
C3	Clase tres de estudiantes con nivel medio bajo de emprendimiento
C4	Clase cuatro de estudiantes con bajo nivel de emprendimiento
NEE	Número de estudiantes emprendedores
NEI	Nivel de estudiantes intervenidos
NDI	Nivel de docentes intervenidos
NNE	Número de nuevos empresarios
NA	Nivel de asociatividad
NE	Nivel de éxito por nuevos empresarios

Tabla 3 Niveles del modelo (*).

Tasas:

TC_i	Tasa de estudiantes por clase
TC_{ij}	Estudiantes que pasan de la clase i a la clase j en el proceso
TEC_i	Tasa emprendedores por clase
TD	Tasa de deserción en la intervención
TNE	Tasa de potenciales empresarios
TG	Tasa de graduados
TIE	Tasa de intervención en estudiantes
TPI	Tasa de pérdida de intervención por grados de estudiantes
TD	Tasa de intervención de docentes
TPID	Tasa pérdida intervención en docentes
TPNE	Pérdida de éxito por graduados
TE	Tasa de motivación por éxito
TA	Tasa de asociatividad
PC_i	Tasa de pérdida por clase

Tabla 4 Tasas del modelo (*).

Las tasas o variables de flujo determinan las variaciones en los niveles del sistema, su representación en el software es una válvula y las signaturas usadas para el desarrollo del instrumento se encuentran en la Tabla 4.

Los parámetros constituyen las variables auxiliares o valores en los que se puede descomponer una tasa, se representa con el nombre de la variable en el caso del software Vensim. La signatura de los parámetros del modelo, estimados con base en la prueba piloto adelantada se presenta en Tabla 5.

Parámetros:

FPA	Factor de pérdida de asociatividad
FINE	Factor de impacto nivel de éxito
PNA	Porcentaje nivel de asociatividad
PC_i	Probabilidad en cada clase
PC_{ij}	Probabilidad del paso de estudiantes de la clase i a la j
NTE	Número total de estudiantes
NTD	Número total de docentes

Tabla 5 Parámetros del modelo (*).

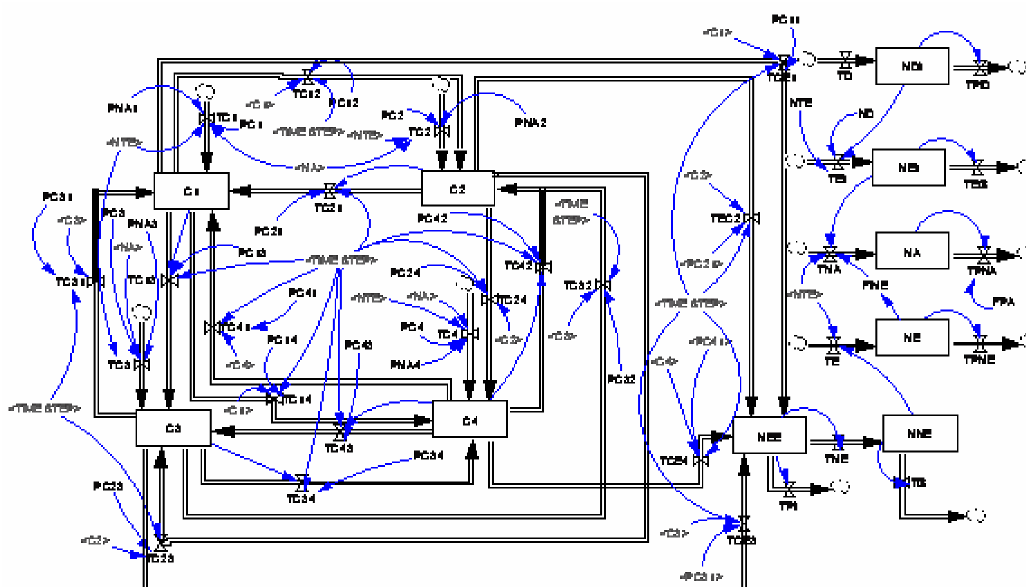


Figura 8 Diagrama de Forrester de INEMO (*).

En el Diagrama de Forrester del INEMO, de la Figura 8 el nivel o número de estudiantes catalogados como emprendedores (NEE) es resultado de los niveles reportados en cada clase (C_i), mediante la encuesta inicial aplicada. Estos a su vez, están definidos por los parámetros de probabilidad (PC_i) detectada para cada clase, el número total de estudiantes matriculados en los grados 10º y 11º (NTE) y el nivel de "asociatividad como base para el desarrollo del emprendimiento sostenible" (Porter, 1998), (NA).

La tasa de intervención de docentes (TID) fue de 5 docentes por año El número total de estudiantes (NTE) y de docentes (NTD), fue, en el Aquileo Parra de 168 estudiantes y 55 profesores mientras que en el Rafael Uribe de 221 estudiantes y 72 profesores, para un total de 389 estudiantes y 127 docentes

El valor del FPA de 0.291, fue calculado con base en el decrecimiento del nivel de asociatividad promedio encontrado con la encuesta y el reportado luego de la primera fase de intervención.

NA Real	Diferencia	**FPA**
3,056555	0,88946	0,29100082
2,167095		

El factor FINE de impacto del nivel de éxito en el nivel de asociatividad, fue el mismo de la tasa de nuevos empresarios (TENE) incrementándola en un 27.78% (15 estudiantes que pasaron a la fase de elaboración de proyectos/ 54 nivel de estudiantes emprendedores).

La probabilidad de pertenecer a cada clase (PC_i) fue evaluada con base en la encuesta inicial aplicada a partir del número de estudiantes clasificados en cada clase entre el total de estudiantes evaluados:

CLASE	Total	**PCi**
1	39	0,100257069
2	28	0,071979434
3	128	0,329048843
4	194	0,498714653
Total general	389	1

Esta probabilidad se vio afectada con el porcentaje del nivel de asociatividad (PNA_i) el cual fue diferente para cada clase:

CLASE	Total general	**PNA_i**
1	325	0,385527877
2	185	0,21945433
3	289	0,34282325
4	44	0,052194543
Total general	843	1

La probabilidad de estudiantes que pasan de una clase a otra (PC_{ij}) se evaluó respecto a la encuesta inicial, como se muestra en la siguiente tabla. La tasa de estudiantes que pasan a ser emprendedores (NEE) son los que se mantuvieron en la clase 1 o pasaron a esta dentro del proceso (PC_{i1}).

Cuenta de No.	CLASES- 1				
CLASE	1	2	3	4	Total general
1	66,67%	12,82%	7,69%	12,82%	100,00%
2	42,86%	21,43%	28,57%	7,14%	100,00%
3	11,72%	26,56%	27,34%	34,38%	100,00%
4	2,58%	6,70%	19,59%	71,13%	100,00%
Total general	14,91%	14,91%	21,59%	48,59%	100,00%

De esta forma:

PC11	66,67%
PC21	42,86%
PC31	11,72%
PC41	2,58%

El instrumento se ejecutó con una longitud de corrida inicial de 15 años, se considera que el plazo de 15 años es un periodo adecuado para la observación del desempeño de un programa de formación como el planteado, el paso de simulación se consideró

como de 1 año, debido a que los periodos de observación y medición del sistema son los años escolares para calendario A.

3. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La Figura 9 representa el comportamiento de los niveles del instrumento ejecutado en el paquete Vensim. La Figura 9a presenta el comportamiento del nivel de estudiantes emprendedores (NEE), donde se observa que a partir del tercer año de intervención se logra el máximo de estudiantes emprendedores alrededor de 122 estudiantes emprendedores pero también a partir de este año desciende. La Figura 9b muestra el comportamiento en los nuevos empresarios (NNE), que permite pensar en que al sexto año de intervención sostenida se podrán formar alrededor de 59 potenciales empresarios (asociados y con proyectos viables), sin embargo de no realizar acciones correctivas, los niveles descenderían rápidamente, lo cual es lo esperable en cualquier programa de capacitación.

La Figura 9c muestra la evolución del nivel de asociatividad (NA), que presenta siempre un comportamiento decreciente, y por último la Figura 9d representa el crecimiento del nivel acumulado de éxito (NE) generado por los nuevos empresarios con el cual se muestra que al menos se tendrá un 28% de estudiantes asociados en el octavo año de intervención, reafirmando el efecto de retardo de la tasa de ajuste de 2 años del sistema.

Las clases constituyen la brecha entre el número total de estudiantes matriculados y el número de estudiantes emprendedores, disminuyendo el nivel de emprendimiento alcanzado. Todos los estudiantes que se clasifican en la clase uno de emprendimiento son catalogados como emprendedores y se consideran como potenciales nuevos empresarios así se gradúen y salgan del sistema educativo o dejen de ser intervenidos por esto no registran tasa de salida por graduación, si todos los estudiantes pertenecieran a la clase uno, todos los estudiantes matriculados serían emprendedores pero como hay otras clases de estudiantes con niveles bajos y medios de emprendimiento que no incrementan el nivel de emprendimiento total, más bien al contrario, de crecer el numero de estudiantes pertenecientes a estas clases diferentes a la uno disminuiría el nivel de emprendimiento total de la institución.

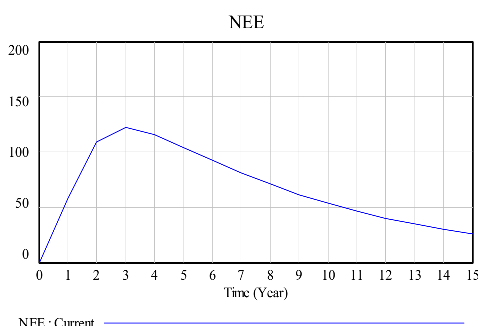


Figura 9a. Nivel de Estudiantes Emprendedores

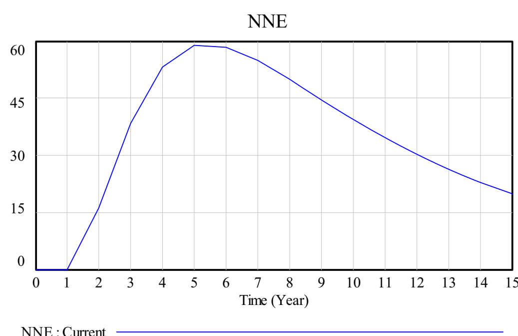


Figura 9b. Nivel de Nuevos Empresarios

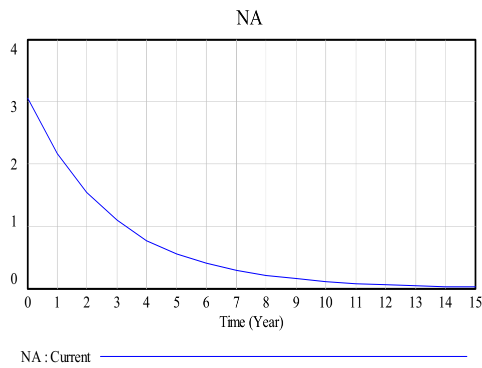


Figura 9c. Nivel de Éxito alcanzado

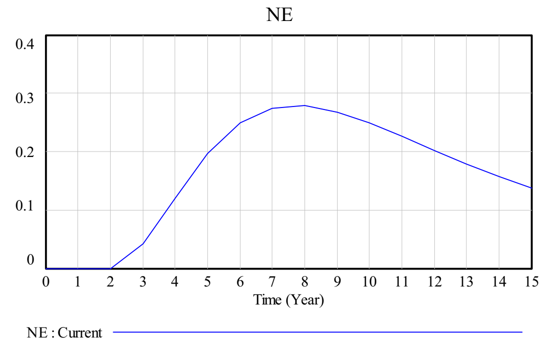
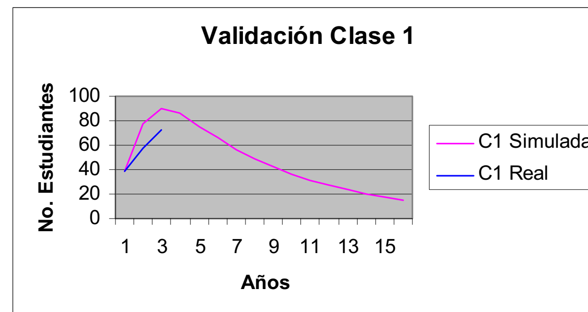


Figura 9d. Nivel de Asociatividad

Figura 9 Comportamiento de los niveles (*).

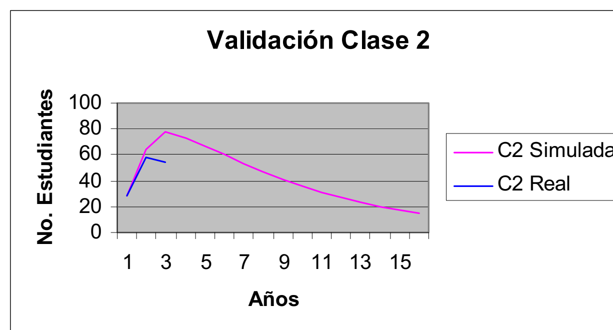
Validación

Al comparar los resultados obtenidos en número de estudiantes por clase durante dos años consecutivos, así como los valores en grados de centralidad (Nivel de Asociatividad NA) de los estudiantes, con los valores que arrojó el instrumento de simulación en Vensim, se obtuvo una buena correspondencia basada en las pruebas de ajuste de un modelo al comportamiento del sistema propuestas por Sterman (2000, p.875). Como se muestra en las Figuras 10.



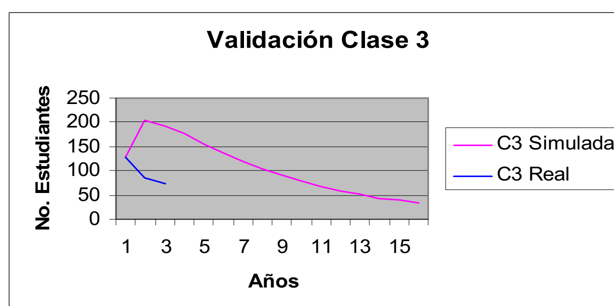
R^2	MAE	MAPE	MSE	RMSE
0,94672941	12,2179667	12,8020587	199,226823	14,1147732

Figuras 10.a Validación de Clase 1 (*)



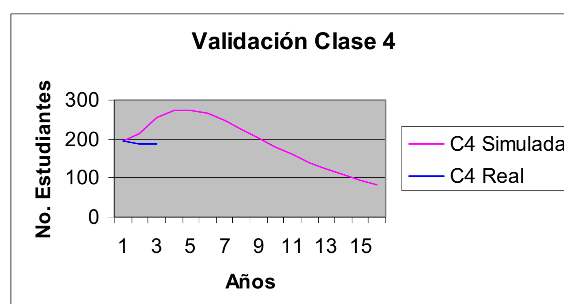
R^2	MAE	MAPE	MSE	RMSE
0,86400177	10,1821721	5,22701064	22,9245372	4,78795752

Figuras 10.b Validación de Clase 2 (*)



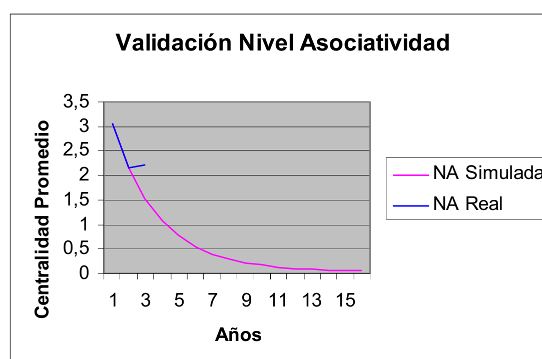
R^2	MAE	MAPE	MSE	RMSE
0,90752455	79,8455048	29,3218964	7094,00143	84,2258952

Figuras 10.c Validación de Clase 3 (*)



R^2	MAE	MAPE	MSE	RMSE
0,5904755	30,2286682	6,03535996	336,583579	18,3462143

Figuras 10d Validación Clase 4 (*)

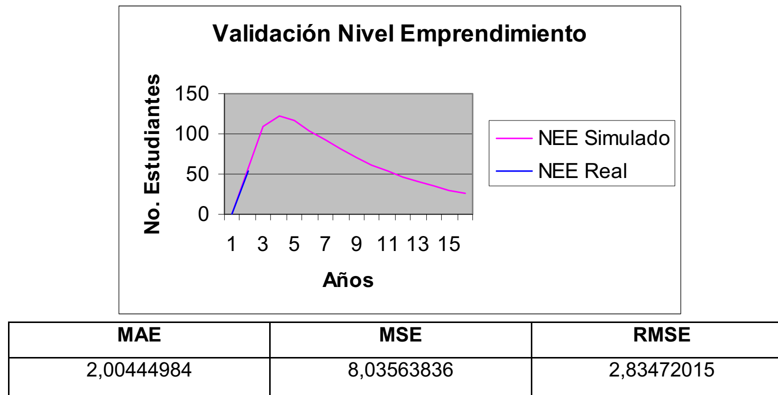


R^2	MAE	MAPE	MSE	RMSE
0,79762144	0,22393276	0,00010462	1,2878E-11	3,5887E-06

Figuras 10e Validación Nivel de Asociatividad (*)

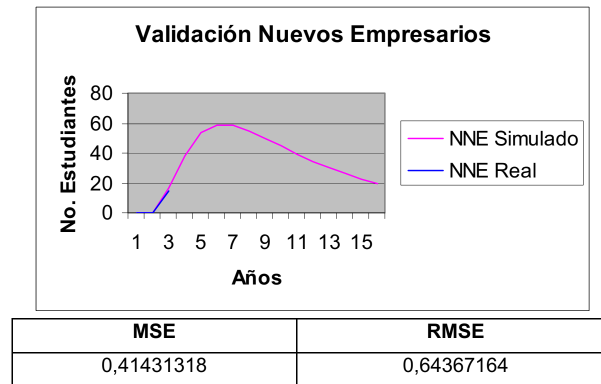
Figuras 10

El nivel de emprendimiento (NEE) se midió al finalizar el primer año de intervención, lo constituyeron los 54 estudiantes que pasaron a la fase de “potencialización del emprendimiento” según el modelo de intervención. El nivel de potenciales nuevos empresarios (NNE) se registró por número de estudiantes que finalizaron la capacitación en formulación de proyectos, fueron 15. El nivel de éxito acumulado es el porcentaje de estudiantes potenciales empresarios sobre el total de estudiantes matriculados.



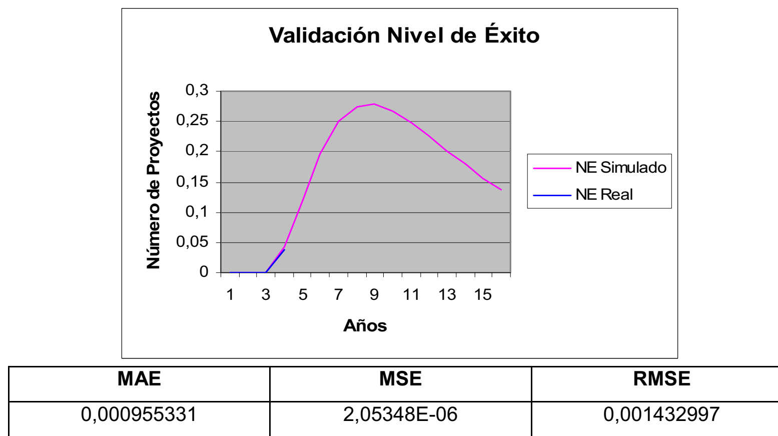
MAE	MSE	RMSE
2,00444984	8,03563836	2,83472015

Figuras 3.11a Validación Nivel de Emprendimiento (*)



MSE	RMSE
0,41431318	0,64367164

Figuras 3.11b Validación Nivel de Nuevos Empresarios (*)



MAE	MSE	RMSE
0,000955331	2,05348E-06	0,001432997

Figuras 3.11c Validación Nivel de Éxito (*)

Figuras 3.11

4. CONCLUSIONES

1. El modelo MIDEA se entrega como base de análisis para posteriores estudios en programas de desarrollo de emprendimiento y empresarialidad en colegios oficiales, ya que la metodología utilizada fue el estudio de caso, es imposible realizar inferencia estadística para lograr generalizaciones hacia otros colegios o poblaciones.

2. Con base en el instrumento INEMO diseñado, el comportamiento en los diferentes niveles demuestra la necesidad de realizar acciones correctivas o redireccionamientos curriculares más ambiciosos antes del sexto año de intervención, como proyectos transversales en el PEI que impacten toda la institución, de lo contrario se perderían todos los esfuerzos realizados.

3. El diagnóstico de las características y competencias se realizó en cada curso y colegio de manera cualitativa para validar lo encontrado en la encuesta inicial aplicada y a partir de las clases de emprendimiento ya establecidas en la encuesta, confirmar, mediante las dinámicas y juegos de interacción el nivel de competencias y características de cada estudiante. Encontrándose que los estudiantes con mayores niveles de emprendimiento coinciden con los que registran mayores puntajes en desempeño académico, confirmando la estrecha relación (significativa de 0.814 a un nivel de confianza del 99%) que hay entre formación académica (disposición, desempeño académico y conocimientos adquiridos) y personalidad emprendedora.

4. Uno de los aportes pedagógicos más importante del proyecto fue el que los docentes en los colegios estuvieran dispuestos al juego con sus estudiantes, como mecanismo de evaluación y diagnóstico del proceso de aprendizaje, lo cual se fue logrando de manera gradual durante la fase de implementación, donde se pretendía que fueran los mismos docentes los encargados de adelantar las actividades con sus alumnos, hubo resistencia especialmente en el Aquileo Parra porque los docentes argumentaban que les implicaba más esfuerzo y les hacia apartarse de los contenidos programáticos preestablecidos, pero sin embargo conociendo los beneficios alcanzados por las intervenciones y al ver que no se iban a continuar, decidieron adelantarlas ellos, con buenos resultados. Los estudiantes en su mayoría manifiestan que es un respiro a la actividad normal que además de relajar les aporta mucho a su crecimiento personal.

5. El paradigma memorístico con el que estaban siendo formados los alumnos empezó a cambiar tanto para ellos como para sus docentes porque reconocieron en el emprendimiento una oportunidad clara de desarrollo futuro y una garantía de éxito. Al iniciar la implementación los docentes veían difícil evaluar el desempeño de sus estudiantes mediante un juego y no con una prueba escrita como tradicionalmente se hacía, ahora están más abiertos a ello luego de ver los beneficios. Adicionalmente lo exiguo de los resultados reportados por las pruebas ICFES y el bajo índice de estudiantes que ingresan cada año a la educación superior hizo que los docentes revaluaran su quehacer hasta ahora dedicado en un alto porcentaje sino en todo a prepáralos para la presentación de estas pruebas, hacia nuevas prácticas que ampliaran las posibilidades de sus educandos.

BIBLIOGRAFÍA

Aldana E. (1994). Disolución de situaciones problemática. *Formulación de Proyectos Sociales*. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Andrade, H, Dyner, I. y Otros, (2001). Pensamiento Sistemático: Diversidad en búsqueda de Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

Aracil, J. (1995). Dinámica de Sistemas. Primera edición, Isdefe. Madrid, España, p. 29

Bacherlard, G. (1973). El compromiso racionalista. Siglo XXI editores, 3ª edición, México.

Bourdieu, P. (1991) El sentido práctico, Madrid, España. Taurus Ediciones

Cámara de Comercio de Bogotá, CCB. (1997). La Bogotá que todos soñamos: resumen del estudio Monitor de competitividad para Bogotá.
D´angelo H, O. Próvida. (1996) Autorrealización de la personalidad. Aplicaciones en la esfera de la vida profesional. La Habana: academia.
Espejo, R y Reyes A. (2003). Managing Complexity: Towards Self-Constructed Organizations. Documento en progreso.
Flores F., Spinosa C., Dreyfus H. (1997), "Abrir nuevos mundos, Iniciativa empresarial, acción democrática y solidaridad", traducido de "Disclosing New Worlds", Publicado por The MIT Press.
Forrester, J. (1981). Dinámica Industrial. Editorial el Ateneo. Segunda edición. Buenos Aires, Argentina, p. 15
Garcia Canclini, N. (1995) ¿Consumidores y Ciudadanos. Confictos multiculturales de la globalización¿, Grijalbo, México.
Giddens, A. (2001) En defensa de la sociología, Madrid, España. Alianza Editorial.
Giddens, A, (1986). The Constitution of Society. Polity Press. UK.
Jiménez, Valencia, Amparo (2002). Stakeholders – Una forma innovadora de gobernabilidad de empresa. Ediciones Uniandes. Colombia.
Mejía y Preafán, (2006). Para acercarse al dragón, para amansarlo, es necesario haberlo amansado primero: *Una mirada crítica a las competencias ciudadanas*. En Revista de Estudios Sociales, no.23, pp.23-35.
Méndez G. (2004). Diseño de prototipo de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa, PYME. Enfoque mediante sistemas dinámicos. Universidad Distrital. Bogotá.
Rodríguez L.F. (2006) Bogotá Empresarial. Desarrollo de la capacidad emprendedora y asociativa en los colegios oficiales de Bogotá: Universidad Autónoma – ISP. Bogotá.
Rusque A. y otras (1998) Medición de Capacidad Emprendedora de Estudiantes de Escuelas de Administración de Europa y América Latina (Red ALFA, Comunidad Europea). Memorias XII Congreso sobre espíritu empresarial. Costa Rica.
Salazar, Maria Cristina, compiladora (1992). La investigación-Acción participativa. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá.
Sanz, L (2003). Análisis de Redes Sociales: como representar las estructuras sociales subyacentes. Apuntes de Ciencia y Tecnología, No. 7, junio. Bogotá.
Senge P. (1990). Fifth Discipline. Primera Edición. Ed. Doubleday. New York, U.S.A.
Sterman J. (2000). Business Dynamics. McGraw Hill.
Tocqueville, A (1969). La Democracia en América. Primera edición, editorial orbis. Barcelona, España, p.198
Toro, J.B.(2000). El ciudadano y su papel en la construcción de lo social. Primera edición, Centro editorial Javeriano. Bogotá, Colombia, p.15
UNESCO (2000). La educación encierra un tesoro. Jaques D`lors.
Vinet, M. (1999). Lenguaje y competencias. En " Hacia una cultura de la evaluación para el siglo XXI. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
Yin, Robert K. (1994). *Case Study Research: Design and Methods*. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

Universidad De La Salle – Bogotá - Colombia

Dinámica de Sistemas y Aprendizaje en Contaduría: Una experiencia en el aula

Código de la investigación: 34.310.05.01.05

Autor 1: Jorge Juliao Rossi

Autor 2: Omar Díaz Bautista

Teléfonos: 3535360 Ext. 2511 – 2512,   Telefax: 2815387

jjuliao@lasalle.edu.co, juliaorossii@hotmail.com, omdiaz@lasalle.edu.co

Domicilio postal: Carrera 2 No. 10 – 70 Bloque A Piso 3

Facultad de Contaduría Pública – Universidad De La Salle

Bogotá - Colombia

ÍNDICE

Resumen— Una de las principales críticas al egresado de contaduría es que no posee una visión integral del complejo mundo de los negocios, que le permita ser parte activa en el planteamiento y solución de situaciones problemáticas altamente complejas que se presentan en las organizaciones sociales. Abrimos este espacio para generar comprensión de la linealidad, en la que está inmersa la Contaduría Pública, la cual no le permite dar respuesta a la realidad económica y social actual. Donde se hace necesario, hacer distinciones útiles desde el enfoque de sistemas, para reconocer que nos encontramos en un mundo mucho más complejo, inestable y no predecible. Podríamos decir, que este reconocimiento, es nuestro punto de partida para comprender la necesidad de diseñar nuevas herramientas que nos ayuden a comprender la complejidad. El objetivo que se pretende alcanzar es: demostrar que el proceso de enseñanza – aprendizaje de la contabilidad dentro de la sociedad del conocimiento, puede ser más efectivo si se utiliza la dinámica de sistemas como herramienta mediadora.

.*Índice de Términos*—"Dinámica de sistemas", "pensamiento sistémico", "contaduría pública", "paradigma contable", "simulación".

I. INTRODUCCIÓN

A manera de síntesis se describen algunas características del proceso de formación de riqueza realizado por las sociedades en las diferentes eras o estadios de desarrollo. Claramente el cuadro

describe la manera como en la formación de riqueza, intervienen unos recursos y la incidencia de las unidades organizacionales, mas tarde empresas, para mantener el incremento de la riqueza.

Tabla 1. Evolución de las Eras Económicas de la humanidad. Fuente: Estrada, G. (1998) basado en Alvin Toffler **(1985).**

Era o sociedad	**Inicio**	**Evento determinante**	**Factor de poder**	**Recurso más importante**	**Activo Principal**	**Evolución en el manejo comercial**
Agrícola	7000 a.c.	Primeros cultivos efectuados buscando sustento común	Fuerza	Mano de obra - ejércitos	Tierras	Transacciones comerciales bastantes informales
Industrial	1760 - 70	Comienzo de la utilización de la maquina de vapor para propósitos industriales	Riqueza	Dinero	Maquinas	Transacciones registradas = datos
Trancisión de la era Industrial a la de Información	1956	En Estados Unidos el número total de técnicos empleados y ejecutivos (trabajo intelectual) supera al número total de obreros (trabajo manual)	Trancisión de la riqueza al conocimiento	Trancisión del dinero a la tecnología de información	Información	Datos organizados = información
Información o del conocimiento	1991	En Estados Unidos los gastos de capital en tecnología de información exceden a los gastos en tecnología de producción	Conocimiento	Tecnología de información	Conocimiento	Información analizada = conocimiento

Desde luego se advierte la relación y evolución de categorías entre las dos categorías primitivas, Recurso, activo y poder, Lo anterior ha tenido profundas incidencias en las dinámicas de las sociedades, motivaciones de guerras, consolidación o desvanecimiento del Estado – Nación, las tradiciones culturales, entre otros. Importante la distinción entre las dos últimas eras, la industrial y de la información, en la primera el factor de poder esta asociado a bienes tangibles (acumulación de riqueza), así como una manera distinta de producirlo; en tanto, que en la era de la información el factor de poder es intangible, el conocimiento, se trata de capital intelectual, investigación, recurso humano, desde luego, sin desconocer la estructura productiva sobre la cual se genera esta riqueza intangible.

Si clasificamos las eras descritas desde una perspectiva sistémica, el resultado sería parecido a lo que se observa en la Figura 1 (consultar en Anexo 1 y fuentes [1] y [2], la conceptualización de la tipología). Las relaciones de negocios, que se llevan a cabo en una empresa o en la economía, se pueden clasificar como sistemas sociales Pluralistas – Altamente Complejos con tendencia a Coercitivos – Altamente Complejos, debido a que la maraña de interacciones entre los agentes, intereses en conflicto y eventos aleatorios hacen imposible la descripción (completa) y predicción de su comportamiento.

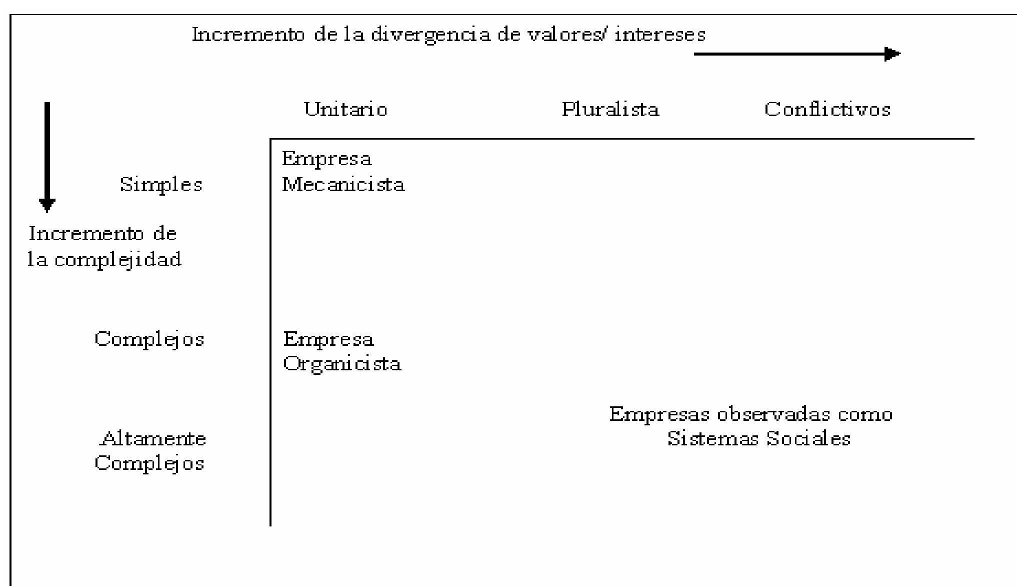


Figura 1. Clasificación de empresas de acuerdo a su nivel de complejidad y manejo de intereses sociales.

Relacionando las dos clasificaciones referenciadas, se observa que la empresa mecanicista hace parte de la "Era Industrial"; en relación con la empresa mecanicista, aunque sus inicios datan de la década de los treinta (del siglo XX) su desarrollo y auge puede ubicarse dentro de la "Trancisión de la era Industrial a la de Información"; la empresa observada como un sistema altamente complejo o como sistema social hace parte de la "Era de la información o del conocimiento". Ver Tabla 2.

Tabla 2. Características de las empresas observada como: Maquina – Organismo - Sistema social: Fuente: Autores.

Criterio de comparación/ Tipo de empresa	MECANICISTA 1776 - 1920	ORGANICISTA 1930 - Actual	SISTEMA SOCIAL En desarrollo desde las dos últimas décadas
1. Propósito	Crear o aumentar riqueza financiera de socios	Crecimiento - expansión	Desarrollo – Capacidad de satisfacción de necesidades propias y ajenas.
2. Relación con el medio ambiente	Depredación: entre más se consuma más riqueza se genera	Uso racional – ecología superficial	Cuidado – ecología profunda
3. Concepción ser humano	Apéndice de la maquina	Mano de obra que debe tratarse bien para que rinda más.	Ser emocional – racional- autónomo: ser humano
4. Concepto de estrategia	No existe; la táctica es explotar al máximo mano de obra, maquinas y resto de insumos.	Planeación estratégica mediante el establecimiento de pronósticos fijos (se utilizan herramientas cuantitativas)	Planeación interactiva (la empresa estructura su estrategia mediante el establecimiento de estados ideales o deseados, que son dinámicos de acuerdo a loa cambios del entorno)
5. Concepto de control	Externo o extrínseco: el que crea la maquina o la posee la controla.	Interno - de naturaleza extrínseca: el control se da de elementos de una parte de la empresa hacia otros.	Interno de naturaleza – intrínseca: autocontrol que emerge como el manejo autónomo de acciones o metas acordadas entre los diferentes niveles organizacionales.
6. Adaptación al entorno y aprendizaje organizacional	No existe – o si se da se debe a un proceso de rediseño o cambio de la maquina.	Sólo percibe cambios cuantitativos (más de lo mismo pero en diferente cantidad, volumen o intensidad).	Percibe cambios cuantitativos y cualitativos; desarrolla mecanismos de inteligencia del entorno y aprendizaje en equipo.
7. Creatividad e innovación	No existe – una pieza de una maquina no puede pensar	Centralizada, sólo algunas partes de un organismo puede crear (cerebro), el cuerpo sólo ejecuta.	Descentralizada, el capital intelectual es el principal recurso; todos piensan, hacen, ganan y comparten.

Los cuerpos teóricos tradicionales construidos para tratar con las “Relaciones de Negocios”, han sido diseñados para tratar problemas o relaciones que se enmarcan dentro de escenarios Simple-Unitario y en algunos casos Simple-Complejo, esto como consecuencia del sesgo científico moderno a partir del cual se realizo dicha construcción: Los modelos estáticos son generalmente utilizados para representar la realidad económica. Entre ellos sobresalen, el manejo matemático de modelos en equilibrio y el manejo de modelos econométricos. Éstos son el legado de la construcción de ciencia que se quiso hacer de la economía fundamentada en la concepción científica cartesiana y la física clásica: **Nos encontramos entonces con un problema de coherencia lógica: los cuerpos tradicionales de las ciencias de negocios, están diseñados para solucionar efectivamente, problemas que no corresponden con lo que esta acaeciendo en los escenarios de acción.**

La contabilidad, no es ajena a la anterior situación, y a la par de la interina discusión sobre su carácter científico o técnico, se está dando una, relacionada con su papel en el mundo de los negocios y las necesidades de la sociedad actual; es decir, ¿es el contador un profesional dedicado a producir información (veraz, oportuna, confiable, etc.) para quienes toman decisiones en las organizaciones y los países , o es el contador un profesional "que se ocupa de estudiar los sistemas de cualquier naturaleza, capaces de obtener, conservar y transformar información y utilizarla para el control y la regulación del desarrollo organizacional" [3]?

La primera visión del contador puede representarse por medio de la Figura 2. Las relaciones de negocios con las cuales interactúa serían clasificadas como simples - unitarias, en este contexto la academia debería propender por profesionales meramente técnicos atiborrados de conocimiento procedimental y legal. Donde la formación del profesional de Contaduría Pública, se basa en observación de objetos y procesos, y nos preguntamos: ¿se podrá generar conocimiento sobre un procedimiento?, es donde las Ciencias Sociales y el enfoque de sistemas ayudan a visualizar una solución, para dotar al Profesional de la Contaduría de competencias necesarias en; conocimiento del lenguaje, sistemas de información, comprender y evaluar teorías, realizar lecturas adecuadas de la realidad y adoptar una postura crítica frente a la realidad. O sea observar relaciones y reflexionar, tomando una visión científica – sistémica.

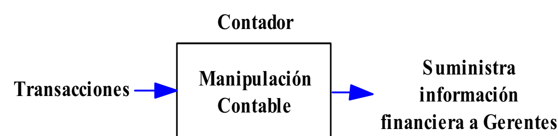


Figura 2. Contador tradicional

Abrimos este espacio para generar comprensión de la linealidad, en la que está inmersa la Contaduría Pública, la cual no le permite dar respuesta a la realidad económica y social actual. Donde se hace necesario, hacer distinciones útiles desde el enfoque de sistemas, para reconocer que nos encontramos en un mundo mucho más complejo, inestable y no predecible. Podríamos decir, que este reconocimiento, es nuestro punto de partida para comprender la necesidad de diseñar nuevas herramientas que nos ayuden a comprender la complejidad.

II. OBJETIVO

Una de las principales críticas al egresado de contaduría es que no posee una visión integral del complejo mundo de los negocios, que le permita ser parte activa en el planteamiento y solución de situaciones problemáticas altamente complejas –pluralistas que se presentan en las organizaciones sociales. En el contexto descrito, el contador está enfrentado a dos problemas, el primero relacionado con el desarrollo de la habilidad de observar y representar el modelo "altamente complejo – pluralista" que emerge de las relaciones descritas en la segunda visión del contador. El segundo problema, está relacionado con la simulación dinámica de los posibles "sistemas complejos" de transacciones contables que emergen del sistema "altamente complejo - pluralista", y consiste en el desarrollo de un pensamiento crítico que le permita recomendar cursos de acción o de intervención de acuerdo a los análisis de sensibilidad del modelo dinámico y a los objetivos trazados por la organización.

El objetivo que se pretende alcanzar en el presente trabajo, es: **Demostrar que el proceso de enseñanza – aprendizaje de la contabilidad dentro de la sociedad del conocimiento, puede ser más efectivo si se utiliza la dinámica de sistemas como herramienta mediadora.**

III. MÉTODO

La problemática descrita, se pretende abordar desde la Dinámica de Sistemas, corriente del pensamiento Sistémico, que posee un marco teórico y herramientas de representación y simulación pertinentes al tema. Se construirá un modelo de una transacción de compra y venta, desde: la "representación contable tradicional", y utilizando la metodología de Dinámica de Sistemas; se evaluara las ventajas de una represtación respecto a la otra.

A. Desde la Contabilidad tradicional La representación tradicional que hace la contabilidad de las transacciones comerciales la realizada por medio de imputaciones a créditos y débitos de las cuentas implicadas. Así por ejemplo, la venta de mercancía implica afectar la mención a tres cuentas. Se comercializa un bien X por $100.000, al cual se debe imputar un incremento adicional por Impuesto de Valor Agregado equivalente al 16%, lo que implica un valor de $116.000. Este ejemplo se puede afectar más cuentas dependiendo del sistema de inventarios, del tipo de pagos, entre otros, en general la representación sencilla, desde la contabilidad de quien comercializa. Ver Figura 3.



Figura 3. Compra y venta representación tradicional

B. Desde la Dinámica de Sistemas En adelante se describe la construcción del mismo problema desde la Dinámica de Sistemas. Consultar conceptos básicos de DS en Anexo 2.

1. **Descripción del fenómeno y construcción de diagrama causal (DC).** Se debe iniciar una descripción teórica acerca del funcionamiento del objeto de estudio, para esto el alumno debe

construir hipótesis acerca de la dinámica de su comportamiento, identificando elementos y variables principales que lo determinan. Posterior a la descripción teórica, se debe construir un arquetipo que permita observar en mejor forma los elementos, agentes y relaciones entre estos, dentro de la situación en estudio. A continuación estas etapas que generalmente se llevan a cabo en forma separada, se presentan simultáneamente.

Delimitación de la transacción a modelar.

- Intercambio de valor entre dos agentes, uno denominado "comprador" (C), quien recibe como valor productos o mercancías tangibles a cambio de la entrega de dinero legal, y otro denominado "vendedor" (V) quien recibe dinero legal y a cambio entrega mercancías o productos al "comprador". El acuerdo de la cantidades de intercambio, cuanto dinero por unidad de mercancía, es una negociación entre agentes que tiene como insumos variables tales como: valor del trabajo invertido por unidad, gastos, calidad percibida del producto, escasez del producto, cantidad de oferentes del producto dentro del mercado, cantidad de compradores del producto en el mercado, formas de pago, etcétera. Para simplificar el ejemplo se supone que los pedidos se hacen de acuerdo a desequilibrios respecto a estados ideales de inventario y los despachos de acuerdo a capacidad de despacho.

- Para poder explicar los ajustes de pago de IVA entre los agentes, se debe **expandir el sistema** para que se pueda representar los intercambios en su totalidad, es necesario entonces que se asuma compras y ventas anteriores (o simultaneas) de V y C, con otros agentes, por ejemplo se puede suponer que V compra a proveedores y que C vende a Clientes.

Desarrollo. La cantidad a pedir por parte de C es una decisión que éste toma teniendo en cuenta el cálculo de necesidades de inventario de su empresa, para poder abastecer a su clientela; teniendo en cuenta que: 1) tener exceso de inventario podría significar gastos extras innecesarios (alquiler de mayor espacios en bodega, mayor riesgo de perdidas por daños de mercancía, pago extra por manipulación y administración de ésta); y 2) no tener mercancía para despachar a los clientes podría significar perdidas de clientes futuros. Ver Figura 4.

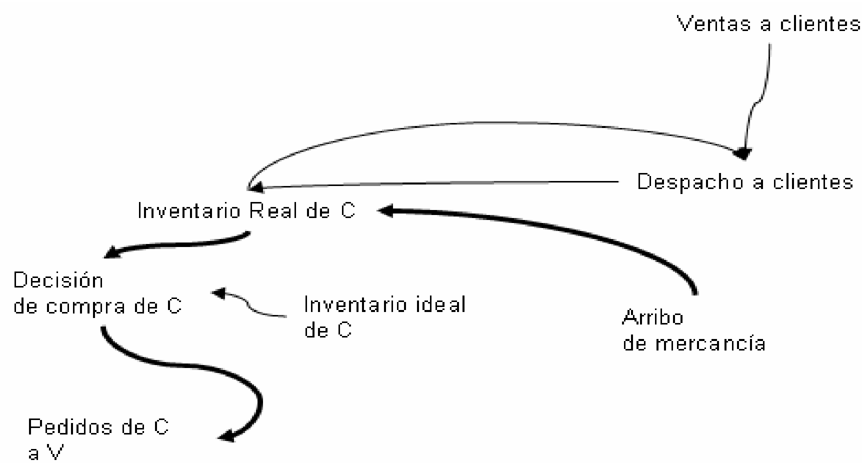


Figura 4. Diagrama causal del proceso de compra de C.

La cantidad a vender de V, es el resultado de una decisión que éste toma teniendo en cuenta: la cantidad de despachos pendientes, su capacidad de producción y despacho, así como el inventario de productos terminados que éste posea. A la vez V hace compras a un proveedor. Ver figura 5.

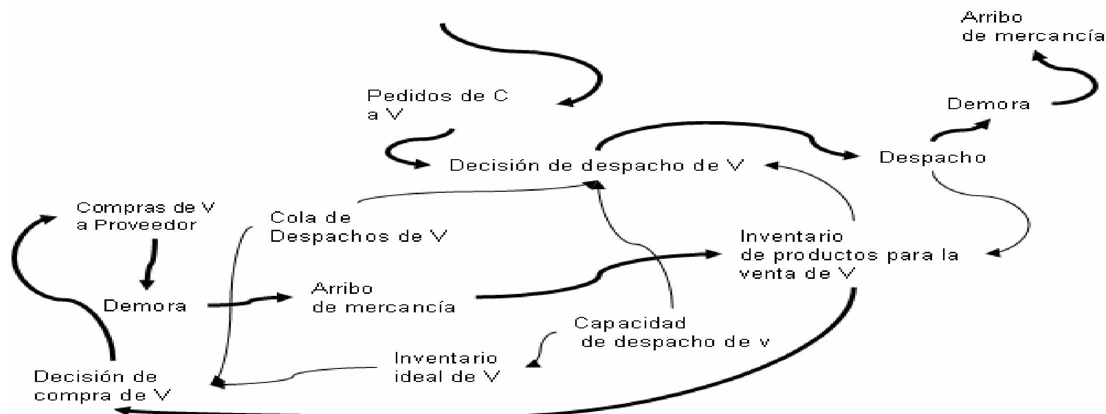


Figura 5. Diagrama causal de los procesos: de compra y despacho de C.

La Figura 6, muestra el acople de los diagramas causales anteriores.

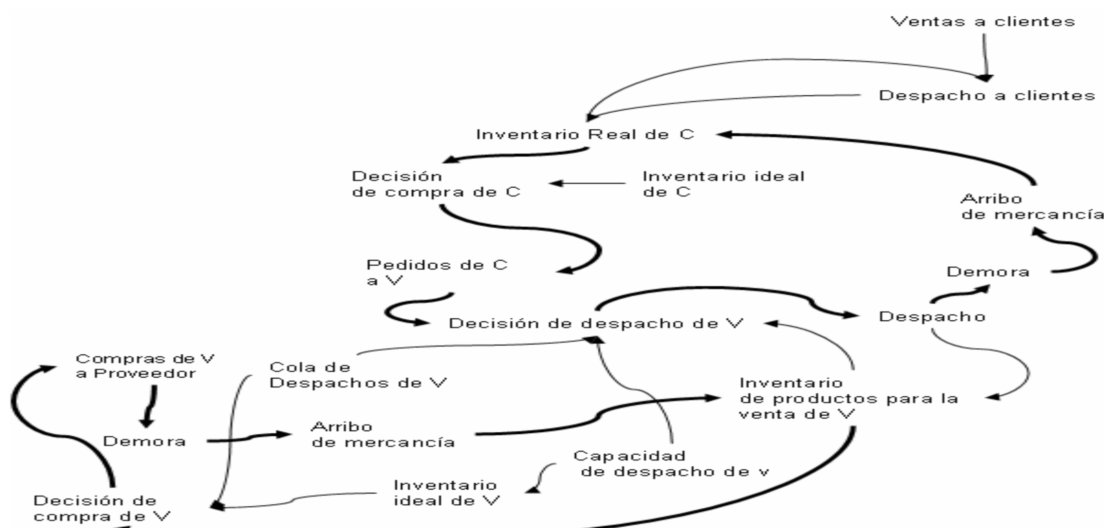


Figura 6. Acople de diagramas causales.

Además se debe tener en cuenta que se exige un pago de impuestos por compra y venta a la secretaría de hacienda o la institución que cobre este impuesto. El proceso de pago de IVA se simplifica de las siguiente manera: el que vende cualquier producto o insumo, cobra el impuesto y lo retiene durante dos meses, al final de éste periodo hace un ajuste con lo que él pago por concepto de IVA a sus proveedores; si después el ajuste el saldo es a favor de la "oficina de hacienda o de impuestos", el

retenedor transfiere el saldo a ésta; si el saldo es a favor del retenedor, su transferencia a la es de cero, y debe ajustar lo que le adeuda ésta con futuras retenciones del impuesto cuando haga nuevas ventas.

Figura 7. Diagrama causal de la transacción compra y venta.

2. **Construcción Diagrama de Forrester** Las variables acumuladoras de mercancías o dinero, son clasificadas como variables de estado o nivel, estas son para C y V: Inventario de mercancías de C, la cuenta de Bancos de C; se debe incluir la cuenta de Hacienda pública, y las cuentas de ajuste de IVA. Las transferencias de mercancías o dinero, son representadas como variables de flujo.

Desarrollo. Inicialmente se representan los flujos de mercancía del inventario de V hacia el inventario de C, así como la represtación del pago, es decir un flujo de dinero de Bancos de C a Bancos de V. Ver Figura 8.



Figura 8. Diagrama de Forrester inicial.

Representación 1. El modelo se expande, es necesario representar ventas que lleva a cabo C, así como compras que lleva a cabo V; se observa que salen flechas de información de los flujos de transferencia de mercancía hacia los respectivos pagos de éstas realizados por C y V, por ejemplo: de la variable "Despacho por ventas a clientes" sale una flecha de información hacia la variable "CD: ingresos por ventas", la primera le suministra a la segunda la cantidad de mercancía despachada para que la segunda pueda construir la ecuación que representa los ingresos generados por la transacción venta que C hace a sus clientes. Ver Figura 9.

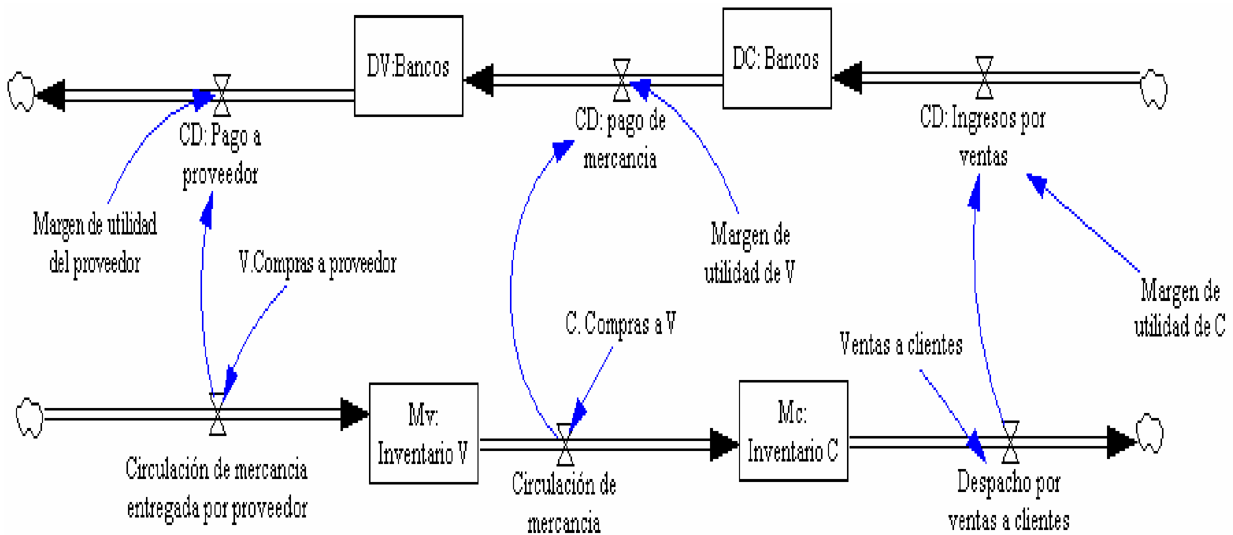


Figura 9. Diagrama de Forrester Representación 1.

Represtación 2. Pero además es necesario representar el pago de IVA y el ajuste que hacen los agentes. Es necesario entonces incluir la "Cuenta ajuste de IVA" (que en últimas tiene las mismas

funciones que la cuenta contable "Impuestos por pagar") la cual lo que hace es lo siguiente. Lleva el conteo del impuesto que ha pagado el agente al comprar mercancías; así como el que ha cobrado al vender a sus clientes.

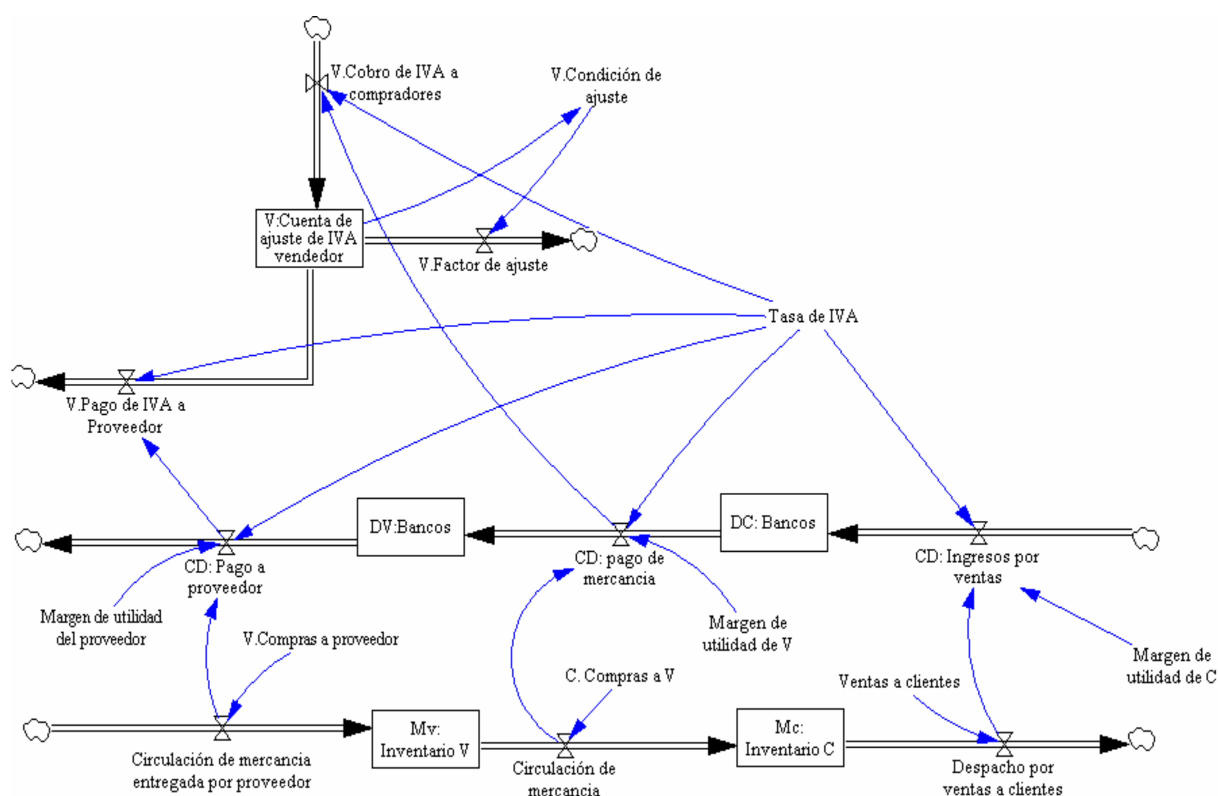


Figura 10. Diagrama de Forrester Representación 2.

Para el caso de V., se observa en la Figura 10, que una flecha de información sale de la variable de flujo "CD: Pago a Proveedor" y llega a la variable de flujo "Pago de IVA a proveedor" transfiriéndole información de las compras que ha realizado pagando IVA. Además, se puede observar (para V), que de la variable "CD: pago de mercancía", sale una flecha de información a "V cobro de IVA a compradores", transfiriendo información de las ventas que ha realizado cobrando o reteniendo IVA.

Modelo final. Como el ajuste se hace bimestral es necesario que al final del día 60 se haga el ajuste de la cuenta. Si después de restar el IVA pagado del recaudado: a) el saldo es positivo, indica que V debe

esa cantidad a Hacienda (en el caso colombiano a la DIAN): En este caso V, debe hacer una transferencia de dinero hacia una cuenta de Hacienda, cuando lo haga su cuenta de ajuste de impuestos (en el modelo “V: Cuenta de ajuste de IVA vendedor”) debe quedar con saldo cero; b) el saldo es negativo, indica que hacienda le adeuda a V esa cantidad: en este caso, la cuenta no se hace cero, sino que queda con ese saldo (negativo) que será descontado del recaudo que se haga en el bimestre siguiente.

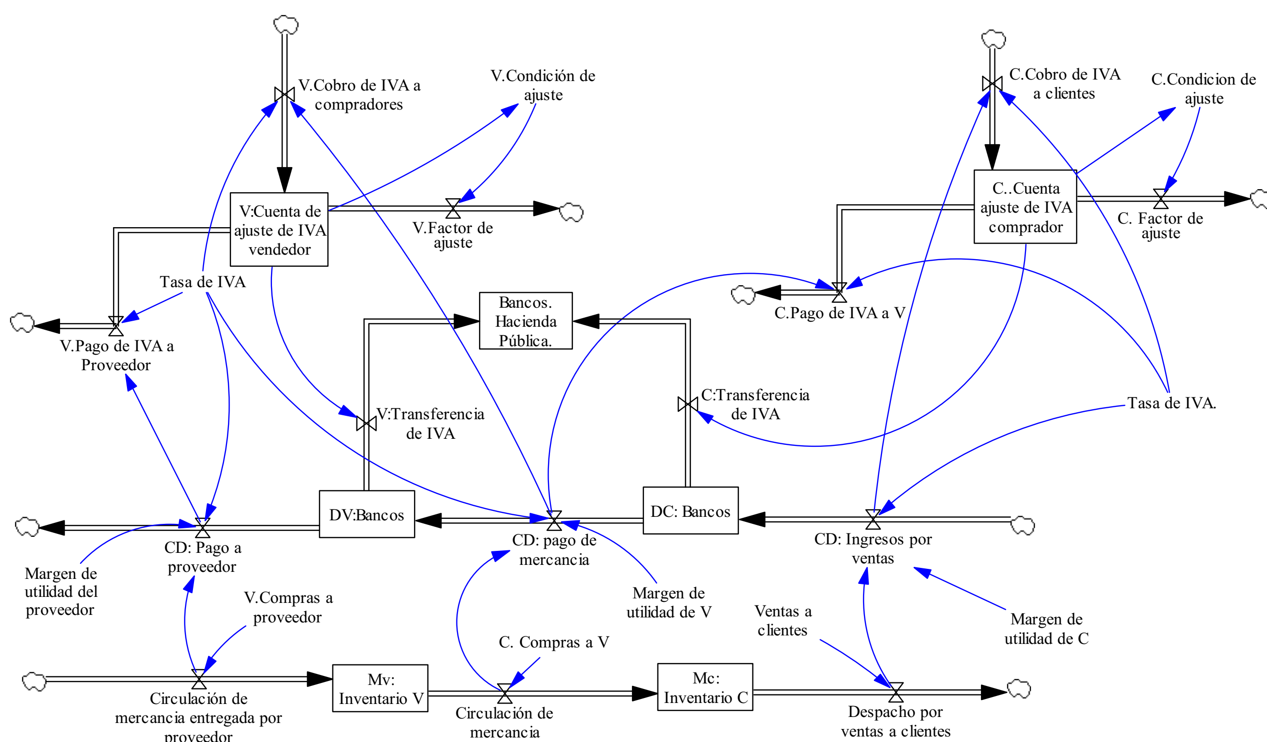


Figura 10. Diagrama de Influencia Modelo final

3. **Simulación del modelo.** La simulación presenta como resultados las siguientes gráficas para las principales variables (tiene el potencial de mostrar la evolución en el tiempo de todas las variables incluidas en él). Ver ecuaciones y condiciones iniciales en Anexo 3 y 4.

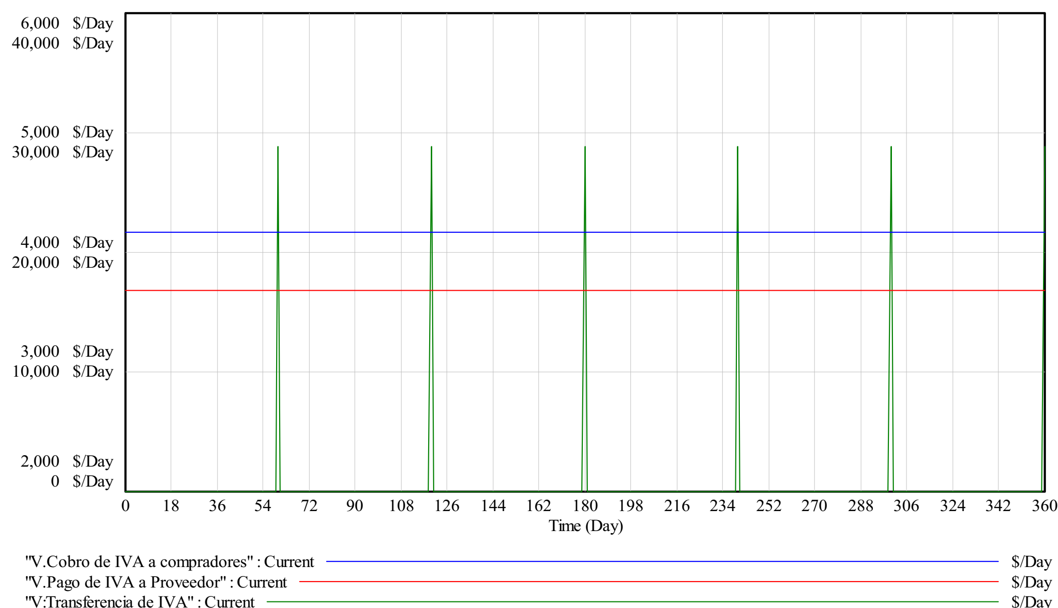


Figura 11. Resultados de la simulación

Como se observa en la Figura 11, el modelo simula la dinámica de pago de IVA; en la medida que V vendió más de lo que compró (se observa que las ventas que realizo V son mayores que las compras, por eso la variable "V Cobro de IVA a compradores" (trayectoria en azul), está por encima de "V Pago de IVA a Proveedor" (trayectoria en rojo)) debe transferir el IVA retenido, tal como se observa en los picos de la variable "V: Transferencia de IVA" cada 60 días (igual sucede aunque no se muestra para el caso de C).

Además el modelo, no obstante su extrema sencillez, permite hacer ciertos análisis o probar ciertas relaciones de tipo financiero y macroeconómico. Por ejemplo se puede observar la alta relación entre la dinámica de crecimiento de las empresas y los ingresos del estado generados por el recaudo de impuestos. Si se supone un escenario recesivo donde las empresas no vendan sus inventarios o que reduzcan sus márgenes de utilidad la transferencia de impuestos presenta un declive, y se podría colegir

que al haber menos ingresos el estado pierde su poder dinamizador de la economía y compensador de las iniquidades del mercado. Si reducimos el margen de ganancia de V de 0.3 a 0.2, y de C de 0.5 a 0.2 los ingresos de Hacienda Pública se reduce en más del 70%. En la Figura 12, la trayectoria en rojo representa los ingresos de hacienda bajo las condiciones iniciales, la trayectoria en azul representa los ingresos de hacienda en el escenario recesivo descrito.

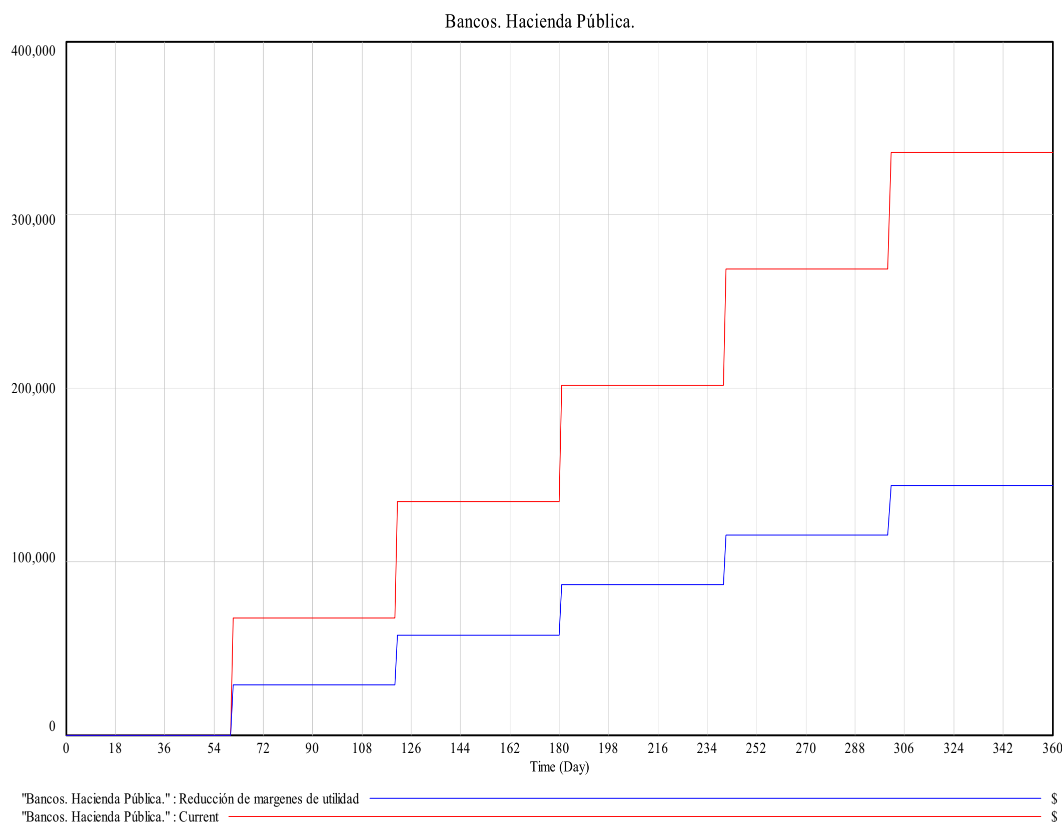


Figura 12. Ingresos de Hacienda

A nivel financiero el modelo (se puede enriquecer incluyendo otras variables) nos proporciona la liquidez de la empresa durante el periodo de simulación, pero además se puede simular por escenarios sean de contracción o aumento de demanda. El conocimiento del dinero disponible, es un insumo para decisiones operativas de aumento del nivel de de la producción, aumento de gasto en publicidad,

mercadeo, descuentos por pronto pago, ventas a crédito, así como las posibles necesidades de apalancamiento financiero de la empresa durante el periodo.

IV. EVALUACIÓN PARCIAL DE RESULTADOS

Tradicionalmente los procesos de percepción son descritos en términos de objetos observados, dejando a un lado las características del observador. En otras palabras la tradición racional occidental es objetivista, en el sentido que, si todos los observadores utilizan adecuadamente el método científico, deberían observar (todos) las mismas características (y magnitudes de éstas) en lo observado. Desde esta concepción la generación de conocimiento, se constituye en procesos de búsqueda de una verdad relacionada con una realidad que, existe en forma independiente y externa del observador. Desde esta perspectiva teóricamente el conocedor no tiene forma de influir en su realidad y modificarla, ya que esta es una "verdad revelada" Al existir un patón externo y revelado de "la verdad", ésta se convierte en una herramienta homogenizadora (todos tienen que estar de acuerdo con ésta), estática (mantiene el statu quo) y por ende las relaciones de dominación.

De acuerdo a lo anterior, se observan durante las discusiones en los cursos de Dinámica de Sistemas e Introducción al Pensamiento Sistémico dictados en la Facultad de Contaduría, que el estudiante considera que la contabilidad es la realidad económica y social, olvidándose que la contabilidad es uno de los muchos lenguajes existentes para construir esa realidad (se observa que la contabilidad registra adecuadamente la creación de fondos de valor, pero no hace referencia al proceso de circulación de valor, así como las decisiones que lo generan); además de eso es un lenguaje estático que intenta dar cuenta de una realidad dinámica; hablando en términos de complejidad y control la realidad es mucho más compleja que el lenguaje que intenta describirla (construirla), aunque esto pasa con todos lo

lenguajes, pero lo interesante es: a) disminuir cada vez más ese rezago, y b) ser concientes de las limitaciones de la representación así como ubicar sus ventajas dentro de un contexto más amplio.

Emerge la necesidad de un contador homeostático, en los términos planteados al inicio de éste artículo, en la cual, se observa al contador como parte activa de un conjunto de conversaciones que incluyen, acuerdos y decisiones políticos, gerenciales y operativas (a estas conversaciones de las cuales emergen las transacciones, se les denominará en adelante "historia de las transacciones") que tienen en cuenta el entorno en el cual se desenvuelve la organización y el diseño (con todas sus características) que se ha hecho de la empresa. Acuerdos y relaciones dinámicos (y muchas veces continuos) en el tiempo (cambian en el tiempo) que enmarcan, delimitan, y de los cuales emergen las transacciones contables. Ver Figura 13.

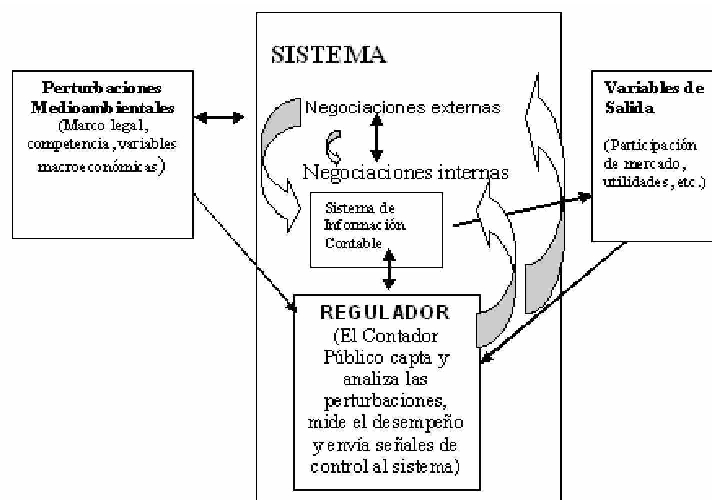


Figura 13.Contador homeostático: Basado en Arenas (2000)

Al trabajar con está visión contable, no podemos hacerlo a partir de un pensamiento simplista: no podemos reflexionar o solucionar problemas complejos a partir de pensamientos trivializadores; ya

que si lo hacemos construiríamos soluciones aplicables a la visión de la contabilidad como sistema simple o trivial.

La segunda visión del contador sólo es posible si la contabilidad – contaduría **siguen siendo la expresión de la información y el control en las organizaciones sociales**, para esto es necesario:

1. Comprensión de la dinámica socio económica y de las organizaciones dentro de la era de los sistemas; visones parciales llevan a propuestas de soluciones parciales y muchas veces generadoras de consecuencias inesperadas o contrarias a lo deseado en el largo plazo. Lo anterior exige inicialmente de herramientas de mediación que permitan comprender tal dinámica, la corriente de "circulación económica" y los modelos cualitativos (diagramas causales) de la DS cumplen con tales propósitos como se demostró en la descripción de la transacción de compra y venta.

2 Ser competentes en el uso de conceptos y herramientas que posibiliten el manejo de complejidad de los entornos y organizaciones comprendidas. El "Pensamiento Sistémico" provee entre otras las siguientes corrientes para éste fin: Cibernética Organizacional, Metodología de Sistemas Suaves, Enfoque de sistemas de Ackoff, la DS.

3. Construir la habilidad de representar cualitativamente las principales decisiones de la organización. Establecer modelos de decisiones conceptúales que relacionen la información contable con sistemas de información mayores, mapear los límites de la información contable, dentro de los esquemas de decisión de la organización. Los diagramas causales de la DS son una herramienta probada en este aspecto, consultar Senge (1994) y Sterman   (2000).

4. Construir modelos de decisión propios basados en el enfoque de sistemas, que permitan no sólo anticipar cambios sino ser argentes de cambio. Estos modelos pueden ser construidos para cada unidad de negocios o a nivel organizacional. Los modelos de simulación o mundos virtuales se constituyen en herramientas de aprendizaje individual y organizacional; podemos construir modelos conceptúales pero la necesidad de la simulación emerge debido (de acuerdo a: Sterman, [4]) a la "complejidad dinámica de las organizaciones sociales y la limitada capacidad cognitiva del ser humano. Se presentan entonces problemas para llegar a acuerdos acerca de la estructura y políticas que gobiernan los sistemas, y cuando se logran esos acuerdos, existe un vacío de entendimiento entre la formulación de la estructura y políticas del sistema y la inferencia de su comportamiento".

Retomando el objetivo principal del documento y en relación con los centros académicos, se debe dar el primer paso el cual debe ser la inclusión del enfoque de sistemas como herramienta de diseño curricular, y la dinámica de sistemas como herramienta de mediación pedagógica, debido a que presenta ventajas como:

- No solo representa la acumulación de riqueza en forma de cuentas contables, sino su circulación o los hechos que la generan (compra, ventas, etc.).
- Representa la historia de las transacciones o decisiones (políticas, gerenciales, operativas) que genera la circulación de riqueza.
- Permite que el estudiante mediante la simulación haga un juego de decisiones de los modelos construidos, e inicie mediante experiencia propia un proceso de aprendizaje de segundo ciclo.

De acuerdo con lo anterior pude ser interesante la construcción de:

- Un modelo de enseñanza – aprendizaje por áreas contables basado en la Dinámica de Sistemas.
- Un juego interactivo que simule la dinámica de un mercado o aspectos de éste, que le permita al estudiante dirigir la toma de decisiones de una empresa dentro de este.

REFERENCIAS BIBLIOGRÄFICAS

[1] Jackson, M. (1997). Más allá de las modas administrativas: Estrategia y competitividad informática. Ediciones Uniandes. pp. 110, 111.

[2] Beer, S. (1953). Cybernetics and management. The english universities press ltd. Londres. p. 32-34.

[3] Arenas, J. (2000). "El enfoque cibernético: la respuesta de la profesión contable a los desafíos del siglo xxi", Revista Universidad EAFIT. p. 82.

[4] STERMAN, JOHN. Business Dynamics: systems thinking and modelling for a complex World, Irwwin, Mc Graw – Hill, Boston, MA, Bogotá, 2000.

Anexo 1: clasificación de sistemas

Los sistemas sociales, pueden clasificarse* utilizando dos criterios[1], el primero es la divergencia de valores de las personas que interactúan, en ese sentido encontramos: relaciones unitarias, en las cuales las personas comparten valores e intereses; relaciones pluralistas, en las cuales los implicados pueden tener valores e intereses divergentes, pero tienen lo suficiente en común para que valga la pena seguir perteneciendo a la coalición que conforma la organización; y relaciones conflictivas o coercitiva, en las cuales los intereses de los implicados divergen irreconciliablemente de tal forma que el poder de algunos de los implicados coercione a los demás.

El segundo criterio, es el nivel creciente de complejidad de los contextos de las relaciones, en ese sentido, la clasificación va de simple[2] → complejo[3] → altamente complejo, dependiendo de: el número de implicados,

---

* Es conveniente aclarar que todas las clasificaciones son arbitrarias en el sentido que los criterios de clasificación obedecen a intereses particulares de quien (o quienes) hace(n) la clasificación.
1 Criterios propuestos por JACKSON, M. En su artículo : MÁS ALLÁ DE LAS MODAS ADMINISTRATIVAS: EL PENSAMIENTO SISTÉMICO PARA LOS ADMINISTRADORES, en GALVIS, C., ESPINOSA, A. COMPETITIVIDAD ESTRATEGIA E INFORMÁTICA. Ediciones Uniandes, 1997. P. 109.

2 La siguiente clasificación está basada en conceptos de BEER, S. Ver CYBERNETICS AND MANAGEMENT. THE ENGLISH UNIVERSITIES PRESS LTD. LONDRES. 1953. P. 32-34

Sistemas Simples: son estáticos en el tiempo, todos los eventos futuros pueden ser predeterminados exactamente si se conoce su estado inicial y su función operativa interna (otra forma de determinar el sistema, es conociendo su estado inicial y el estado final siguiente).
Sistemas complejos: son complejos estacionarios, los valores de las variables cambian en el tiempo, pero no la estructura de las relaciones (funciones que relacionan las partes). Puede poseer muchas partes profusamente interconectadas, pero conociendo el último estado del sistema y el programa de información, por definición de su estructura dinámica, siempre se puede predecir, con márgenes de errores mínimos, su estado siguiente. Introducen en su comportamiento conceptos como retroalimentación y causalidad circular.
Sistemas altamente complejos: Complejidad no estacionaria o alta complejidad: las variables tanto como las funciones que las relacionan cambian en el tiempo. El sistema puede ser estudiado intensamente, y puede resultar cada vez más y más posible decir lo que más probablemente hará en determinadas circunstancias; pero el sistema sencillamente no es predeterminado (aunque si representado cualitativamente y algunas veces simulado) , y una predicción que lo afecte nunca puede escapar de las limitaciones lógicas de las probabilidades en cuyos términos, solamente puede ser descrito.

3 Algunos sistemas complejos relacionados con situaciones económicas, han sido representados por medio de sistemas de ecuaciones diferenciales y de investigación de operaciones , los profesores Virginia N. Vera de Serio y Hugo R. Balacco en el artículo "DINÁMICA NO LINEAL EN ECONOMÍA UN ANÁLISIS INTRODUCTORIO" comentan: "Si bien los economistas han utilizado modelos dinámicos lineales, éstos son insuficientes para explicar ciertos fenómenos económicos debiendo recurrirse a la inclusión de variables estocásticas o de shocks exógenos. La modelización a través de un sistema dinámico no lineal (sistema altamente complejo) permite, en cambio, mayor flexibilidad para la adaptación a un comportamiento deseado.

número de interacciones o relaciones entre estos, sus estados emocionales, la importancia atribuida a lo que está en juego (negociación), así como de la posibilidad de ocurrencia de eventos aleatorios en el tiempo que incidan en todos los factores anteriores.

Anexo 2: Conceptos Básicos de Dinámica de Sistemas

La Dinámica de Sistemas inicialmente puede ser ubicada dentro del "Pensamiento Sistémico Sintético", debido a que dentro de sus procesos de representación, el problema a modelar se observa como una estructura de relaciones causales que constituye una unidad, pero está a su vez alcanza sus objetivos mediante el constante **intercambio** dinámico de materiales, energía y/o información **con su entorno**. En esta primera tendencia la DS pretende modelar la situación, lo más parecido o fiel a la realidad, para posteriormente utilizar el modelo como guía para intervenir en la realidad modelada.

Dentro de los desarrollos recientes se encuentra el de la educación, la DS es observada como un lenguaje sistémico, que permite que las personas construyan modelos de la situación problemática, para posteriormente mediante los resultados obtenidos por la simulación de éstos en ordenadores y la comparación con modelos construidos por otras personas se genere un dialogo acerca de la forma de representación más útil para la situación específica, generando un cambio de modelos mentales de los participantes ver Figura 9. En esta corriente de la DS se observa una evolución hacia el movimiento de "Pensamiento Sistémico Perspectivista".

Conceptos básicos de Dinámica de Sistemas **"**Un modelo es simplemente, un cuerpo ordenado de hipótesis acerca de un sistema complejo, es un intento por entender algún aspecto de la infinita variedad de ellos que presenta el mundo, seleccionando, a partir de percepciones y de experiencias pasadas, un cuerpo de observaciones generales aplicables al problema en cuestión" (Meadows et al. 1972), las etapas de modelado son las siguientes.

a) **Modelo conceptual y límites del sistema:** Definición del modelo conceptual (variables internas y externas del sistema, así como relaciones entre éstas) y explicación hipotética de su comportamiento.

b) **Construcción de la estructura causal del sistema – Diagrama causal:** Estructuras de realimentación que suelen producir el comportamiento observado. En el modelo conceptual se definen relaciones entre los elementos fundamentales del sistema a modelar.

c) **Construcción del diagrama de Forrester:** Se clasifican los elementos de acuerdo a la función que desempeñan en el comportamiento dinámico del sistema. Ver Tabla III.

Tabla III**.** Elementos de un diagrama de influencia o de Forrester

Símbolo: Nombre variable	**Definición**
Nivel	Las variables de nivel constituyen el conjunto de elementos que generalmente su evolución es significativa para el estudio del sistema. Acumulan resultados o acciones desarrolladas en el pasado o en desarrollo. Cambian lentamente en respuesta a las variaciones de las demás variables. Su medida se determina para cualquier instante de tiempo t.
Flujo	Determinan las variaciones en los niveles del sistema. El efecto del conjunto de las variables de flujo en un período de tiempo genera el cambio en el estado del sistema en dicho periodo.
Auxiliar	Reúnen información de variables de nivel, de otras variables auxiliares, de parámetros y constantes, para mostrar el efecto combinado de dichas variables en la definición de otra variable auxiliar o de un flujo.
Retardos	Al formular el diagrama de Forrester, debe tenerse presente que el efecto de la variación de una variable sobre otra puede requerir un periodo de tiempo para que se manifieste, los retardos representan lapsos previos a una acción, o demoras en la transferencia de info. o material.
Flujo de información →	Flecha que indica transferencia de información de una variable a otra en la dirección indicada
Parámetro ∅	Característica o propiedad del sistema o de su entorno que se ha considerado como constante.
Fuente o sumidero	Se pueden localizar al inicio o al final de un flujo, cuando no es de interés para el modelo reconocer a donde van o de donde vienen los materiales que transporta la variable de flujo

d) **Modelo Matemático**: Es el conjunto de ecuaciones lineales o no lineales que permiten simular en un computador el comportamiento dinámico del fenómeno en estudio, al describir las trayectorias temporales de las variables consideradas.

e) **Simulación y experimentación del modelo**: Se simula el modelo en el computador para analizar el comportamiento de los elementos más relevantes dentro del fenómeno, a partir de unas condiciones iniciales dadas y unos parámetros determinados por el experto.

d) Análisis de sensibilidad: Se define la importancia de los elementos del fenómeno, observando cómo una variación de estos elementos genera un gran cambio en la respuesta del modelo.

e) **Validación del modelo: "**Los modelos construidos con el enfoque de Dinámica de Sistemas, no deben pretender tanto predecir valores exactos en un instante determinado del futuro, como reproducir las características de comportamiento del sistema…" (Aracil, 1983).

Anexo 3: Condiciones iniciales:

(00) La simulación se hace en un periodo de 360 días, iniciando en el día cero.

(01) "Bancos. Hacienda Pública."= 0 Units: $

(02) "C. Compras a V"= 20000 Units: $/Day

(03) "C..Cuenta ajuste de IVA comprador"= 0 Units: $

(04) "DC: Bancos"= 900000 Units: $

(05) "DV:Bancos"= 900000 Units: $

(06) Margen de utilidad de C= 0.5 Units: **undefined**

(07) Margen de utilidad de V= 0.3 Units: **undefined**

(08) Margen de utilidad del proveedor= 0.15 Units: **undefined**

(09) Mc: Inventario C"= 0 Units: $

(10) Mv: Inventario V"= 0 Units: $

(11) Tasa de IVA= 0.16

(12) "V.Compras a proveedor"= 20000 Units: $/Day

(13) "V:Cuenta de ajuste de IVA vendedor"= 0 Units: $

(14) Ventas a clientes= 20000 Units: $/Dayiciones Iniciales

Anexo 4: Ecuaciones del modelo

(01) "Bancos. Hacienda Pública."= INTEG ("C:Transferencia de IVA"+"V:Transferencia de IVA", 0) Units: $

(02) "C. Compras a V"= 20000 Units: $/Day

(03) "C. Factor de ajuste"= "C.Condicion de ajuste" Units: $/Day

(04) "C..Cuenta ajuste de IVA comprador"= INTEG (+"C.Cobro de IVA a clientes"-"C. Factor de ajuste"-"C.Pago de IVA a V", 0) Units: $

(05) "C.Cobro de IVA a clientes"= "CD: Ingresos por ventas"*"Tasa de IVA."/("Tasa de IVA."+1) Units: $/Day

(06) "C.Condicion de ajuste"= IF THEN ELSE("C..Cuenta ajuste de IVA comprador">0 , "C..Cuenta ajuste de IVA comprador" , 0)*PULSE TRAIN(60 , 1 , 60 , 360) Units: $/Day

(07) "C.Pago de IVA a V"=
"CD: pago de mercancia"*"Tasa de IVA."/("Tasa de IVA."+1)
Units: $/Day

(08) "C:Transferencia de IVA"= F THEN ELSE("C..Cuenta ajuste de IVA comprador">0 , "C..Cuenta ajuste de IVA comprador" , 0)*PULSE TRAIN(60 , 1 , 60 , 360) Units: $/Day

(09) "CD: Ingresos por ventas"= Despacho por ventas a clientes*(Margen de utilidad de C+1)*("Tasa de IVA." +1) Units: $/Day

(10) "CD: Pago a proveedor"= Circulación de mercancia entregada por proveedor*(Margen de utilidad del proveedor +1)*(Tasa de IVA+1) Units: $/Day

(11) "CD: pago de mercancia"= Circulación de mercancia*(Margen de utilidad de V+1)*(Tasa de IVA+1) Units: $/Day

(12) Circulación de mercancia= "C. Compras a V" Units: **undefined**

(13) Circulación de mercancia entregada por proveedor= "V.Compras a proveedor" Units: $/Day

(14) "DC: Bancos"= INTEG ("CD: Ingresos por ventas"-"CD: pago de mercancia"-"C:Transferencia de IVA", 900000) Units: $

(15) Despacho por ventas a clientes= Ventas a clientes Units: $/Day

(16) "DV:Bancos"= INTEG (+"CD: pago de mercancia"-"CD: Pago a proveedor"-"V:Transferencia de IVA", 900000) Units: $

(17) FINAL TIME = 360 Units: Day The final time for the simulation.

(18) INITIAL TIME = 0 Units: Day The initial time for the simulation.

(19) Margen de utilidad de C= 0.5 Units: **undefined**

(20) Margen de utilidad de V= 0.3 Units: **undefined**

(21) Margen de utilidad del proveedor= 0.15 Units: **undefined**

(22) "Mc: Inventario C"= INTEG (Circulación de mercancia-Despacho por ventas a clientes, 0) Units: $

(23) "Mv: Inventario V"= INTEG (+Circulación de mercancia entregada por proveedor-Circulación de mercancia, 0) Units: $

(24) SAVEPER = TIME STEP Units: Day [0,?] The frequency with which output is stored.

(25) Tasa de IVA= 0.16 Units: **undefined**

(26) "Tasa de IVA."= 0.16 Units: **undefined**

(27) TIME STEP = 1Units: Day [0,?] The time step for the simulation.

(28) "V.Cobro de IVA a compradores"= "CD: pago de mercancia"*Tasa de IVA/(Tasa de IVA+1) Units: $/Day

(29) "V.Compras a proveedor"= 20000 Units: $/Day

(30) "V.Condición de ajuste"= IF THEN ELSE("V:Cuenta de ajuste de IVA vendedor">0 , "V:Cuenta de ajuste de IVA vendedor" , 0)*PULSE TRAIN(60 , 1 , 60 , 360) Units: $/Day

(31) "V.Factor de ajuste"= "V.Condición de ajuste" Units: $/Day

(32) "V.Pago de IVA a Proveedor"= "CD: Pago a proveedor"*Tasa de IVA/(Tasa de IVA+1) Units: $/Day

(33) "V:Cuenta de ajuste de IVA vendedor"= INTEG ("V.Cobro de IVA a compradores"-"V.Factor de ajuste"-"V.Pago de IVA a Proveedor",0) Units: $

(34) "V:Transferencia de IVA"= IF THEN ELSE("V:Cuenta de ajuste de IVA vendedor">0 , "V:Cuenta de ajuste de IVA vendedor" , 0)*PULSE TRAIN(60 , 1 , 60 , 360) Units: $/Day

(35) Ventas a clientes= 20000
Units: **undefined**

The Career Simulator

Eduardo Fracassi
ITBA - Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Av. Eduardo Madero 399
(1106) Buenos Aires
Phone: 54-11-6393-4800 ext 5990
FAX: 54-11-4801-3900
fracassi@itba.edu.ar

ABSTRACT

Which are the key Career Planning decisions? I created the Career Simulator to teach last year students the ***basic systemic structure*** *of* ***career success*** *at ITBA – (Instituto Tecnológico de Buenos Aires), which offers 5-year academic programs in engineering.*

The Career Simulator model is based on more than 11 years coaching the careers of our graduates and in the study of the careers of successful professionals in Argentina and USA.

The model predicts 4 key "hard" career planning decisions. Surprisingly, a great percentage of high talented and qualified engineering professionals ignore them leading some of them to poor career results.

The advantages of taking into account this 4 key "hard decisions" when planning your career are very important: more career resources and career options, higher income potential, increased negotiation power. They complement your "soft" career decisions with logical and established criteria for taking your "hard" decisions to enhance your career.

Keywords: career planning, simulator, "hard" key decisions, systemic structure, career success

Which are the key Career Planning decisions?

At the end 2004 I decided to create a "Career Simulator" to teach the basic systemic structure of career success to the 5th year students of the University I work for. My university has 5 year academic programs in systems, electronic, industrial, mechanical, chemical an petroleum engineering.

Since 2001 I have studied the careers of successful professionals in Argentina, such as:

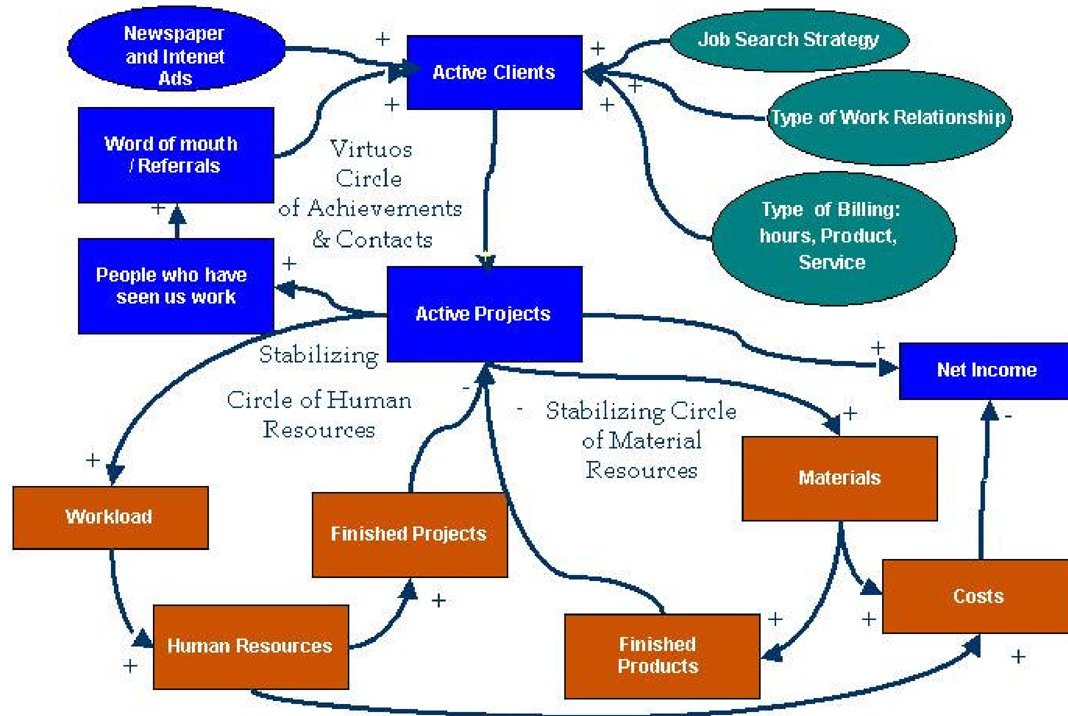
- Horst Paulmann, creator of Cencosud,
- Fulvio Pagani, creator of ARCOR,
- Carlos Ávila, creator of Torneos y Competencias;
- Santiago Bilinkis, creador of Officenet.
- Eduardo Bachkellian, creator of Gatic,
- Gabriel Dreyfus, creator of Dreyfus Comunicaciones,

and in USA, such as

- Jack Welsh, CEO of General Electric,
- Thomas Watson, creator of IBM,
- Andrew Grove, President of Intel;
- Bill Gates, creator of Microsoft,
- Walt Disney,
- Mary Kay Ash,
- Ted Turner and
- Henry Ford.

Which is the common systemic structure behind their personal achievements?

The answer is simple:



Virtuous circle of achievements and personal contacts:

These people excelled at their work achieving the trust and confidence of their clients, employers and/or partners'.

A "word of mouth" effect spread the fame of their achievements to other people.

This "word to mouth" gave them new career opportunities that translated into projects in or out the organization in which they worked.

They also had access to opportunities published in the media, though the word of mouth that spread through the social network generated the main source of career opportunities and income.

Stabilizing circle of human resources and materials:

The trust and confidence gained with employers, clients and/or partners allowed them to obtain so many labor opportunities that they exceeded their own possibilities and personal

availability, and in order **to take advantage of these career opportunities, they hired people to do part of the work and / or acquire the necessary materials.**

The materials and the people they hired, produced costs.

How do you design your career ? - "Hard" Decisions and "Soft" Decisions

I have described the main systemic structure present in these successful professionals' careers.

The next question is: ***which are the most important "hard" decisions you must take when plan your career?***

Sometimes I think that the answer to this question is obvious, but my experience since 1995 advising more than 1000 professionals of ITBA and other well-known universities tells me that **it is necessary to explain it in detail.**

When I refer to "hard decisions", I mean that they are decisions directly related to the figures or numbers that appear in a salary receipt or commercial invoice for some service or a product that you can sell. They can be seen and touched. Also I mean the hours worked every day, that is, our "workload" as well as the quantity of professional achievements or accumulated experience, measured for example in the quantity of projects that you have completed.

By "soft decisions" I mean the ones related to the things that you like or love about your career, personal values, abilities, talents, competences, visions and achievements you have planned for in your future career.

1) The first "hard" decision – To specialize in a certain field.

- The first decision is the choice of the **industry** and the **role that the professional wants to achieve therein.** This is technically known as "career". Each career has certain important **"hard"numbers** associated to them, for example: typical income/compensation levels, consultancy fees, market value of the products and / or services you can sell, etc.

- The underlying reason of this specialization is the focus and / or **concentration of our creative energy** in a field which motivates you to **shine and so to distinguish yourself** in your career.

- For example, to become very enthusiastic about building, improving and /or maintaining big electric energy utility, to compose and perform rock music, to build your career as a politician, becoming a Hollywood star, etc.

- All the men and women mentioned as models at the beginning of the article, chose a field to be developed for which they became very enthusiastic.

- Our careers can change through time, they may have different phases with different career goals.

2) The second "hard" decision – Your Job Search Strategy

- The second key decision taken conscious or unconsciously by our survey models was how to get new career opportunities and / or clients. This decision is equivalent to choose how to navigate the social net.

- Richard Nelson Bolles describes in his well-known book "What color is your parachute?" the success rate when using different job search strategies:

Job Search Strategy	Success Ratio
Becoming famous	More than 86 %
Creative Method	86 %
Job Club	84 %
Using the Yellow Pages	67 %
Knocking the door of the employer / company in which you want to work.	47 %
Networking, friends, relatives, career services of your university	33 %
Search firms	5 – 25 %
Newspaper Ads	5 – 25 %
Mailings résumés	7 %
Using the Internet	4 %

- As the chart shows clearly, **the most effective strategy** to obtain new career and job opportunities is **to become famous.**

- ***¿How many professionals graduated at ITBA have thought in working to become known or famous?***

3) The third "hard" decision – Choosing the type of Labor Relationship

The selection of the type of labor relationship is crucial and decisive to achieve long term growth. In the simulator model we suppose that the professional performs his

work perfectly well. **The equation is very simple: the client's trust and confidence brings prosperity. Fear and distrust in relationships cause poverty.**

3.1 Fixed Salary/Compensation Relationships:

Some types of labor relationships, for example, the fixed remunerations ones cut the tie between your achievements and your monetary compensation. To progress -and most professionals measure their progress mainly according to the money they make- it is necessary to have more "responsibility", which most of the time implies to be a "boss" or "manager" and have employees under charge and in this way to obtain a higher income.

The problems arising from this labor growth scheme are multiple:

a) First of all, some professionals are not interested in leading other people.
b) Second, there is much competition between workers in the same enterprises for a diminishing number of positions with higher income levels.
c) Third, the so called "market salaries" establish a maximum income limit for typical positions.

The advantage to have some type of fixed remuneration or income is that this helps to add stability to your income and to survive to economic cycles when compared to an income 100% tied to results.

3.2 Variable Compensation Relationships:

Variable remuneration relationships are the ones with the most potential for growth, and they encourage you directly based on your achievements. They foster your creativity and produce a feedback loop from which you learn to take advantage of all the opportunities to create value for your "clients", employers and/or partners.

There are different types of schemes related to the variable compensation, commissions and "bonus". However, we must remember that these schemes also subject to "market standards" and so limited by them.

The disadvantage of this type of schemes is that sometimes the income can diminish in the ups and downs of economic cycles.

The main advantage is the growth potential. Many people with no academic degree have used this kind of labor relationship. For example, Walt Disney and Mary Kay in USA, and Horst Paulmann in Argentina and Chile.

Having your own enterprise –essentially any professional is a unipersonal entrepreneur – requires compromise.

3.3 Quantity of Clients:

Another essential aspect in the relationships is the quantity of direct "clients" that you have as a professional. For clients we mean that person who pays money directly to you for your work. Generally a big number of clients gives the professional a higher career stability and security, and more power and leverage to negotiatiate future income and job conditions.

Dependence from a single boss or client during the beginning of the career may be something usual and advantageous, since it can facilitate you as a young professional to learn the secrets and critical success factors of a certain industry.

However, after about ten years it is necessary to have several real and potential income sources. This brings you income stability and safety to raise kids and family. Through networking you can achieve several income sources. **Personal influence, selling and networking** are abilities that must be learned by all professionals from the start of their careers.

3.4 Types of labor relationships:

I have created 6 categories of career relationships, according to type of the professional's economic feedback and the effective quantity of clients.

1. Isolated
2. Under an fixed income employment agreement
3. Professional with multiple income sources
4. Small and Medium Enterprise Owner
5. Owner of big enterprise
6. Owner of Multinational Enterprise.

4) The forth "hard" decision – The nature of our value proposal

It is surprising the quantity of professionals who believe that the only way that they can generate income is by occupying a part or all of their hours in a "full time" or a "part time" job. This is only one of the available options available for you as a professional. Selling your time has the advantage that in the short term it **is the alternative with the highest return rate**. You just work and at months end you collect your salary. You don't need to invest your capital. However, there exists an obvious problem with this scheme, which many professionals do not take into account: they can only work around 200 hours monthly. The day has only 24 hours!!!!

There are two options, which are generally unlimited regarding to the long-term growth opportunity: selling services and/or products. If you are a professional, you may think about writing and selling your own books, software, information and/or data services, workshops, conferences, etc.

The development of these income sources alternatives **requires hard work, competence and creativity**. These are things looked for by companies and society in general; they are abilities and competences that the professional must develop from the beginning of their career.

Conclusions:

This model has allowed me to help ITBA's graduates and students, and also myself. The advantages when planning your career are very important:

a) **They give you more resources and career options**
b) **They allow you to achieve a higher income compared to the ones earned by most professionals**
c) **They give you tools to increase power to negotiate your future income and career options.**
d) **They complement your "soft" career decisions. They give you simple, logical and established criteria for taking your "hard" decisions to enhance your career**

REFERENCES

Career Planning & Networking:

- Richard Nelson Bolles, What Color is Your Parachute?, The Best-Selling Job-Hunting Guide in the World, 2001 Edition, Ten Speed Press.
- Daniel Porot, The Pie Method for Career Success: A Unique Way to Find Your Ideal Job, JIST Works, Inc., 720 North Park Avenue, Indianapolis, IN 46202. 1996
- Sher, Barbara, Wishcraft: How to Get What You Really Want. 1983. Ballantine Books, 201 E. 50th St., New York, NY 10022.
- Jackson, Tom, Guerrilla Tactics in the New Job Market (2nd ed.). 1991. Bantam Books, 1540 Broadway, New York, NY 10036.
- Figler, Howard E., The Complete Job-Search Handbook: All the Skills You Need to Get Any Job and Have a Good Time Doing It. 1988, Revised and Expanded Edition. Henry Holt & Co., Inc., 115 W. 18th St., New York, NY 10011.
- Miller, Arthur F., and Mattson, Ralph T., The Truth About You: Discover What You Should Be Doing with Your Life. 1977, 1989. Ten Speed Press, Box 7123, Berkeley CA 94707
- Career Satisfaction and Success: A Guide to Job and Personal Freedom, by Bernard Haldane. JIST Works, Inc., 720 North Park Avenue, Indianapolis, IN 46202. 1996.
- Gaither, Richard, with Baker, John, The Wizard of Work: 88 Pages to Your Next Job. 1995. Ten Speed Press, P.O. Box 7123, Berkeley, CA 94707.
- Wegmann, Robert and Chapman, Robert, The Right Place at the Right Time: Finding a Job in the 1990s. 1987, revised and updated, 1990. Ten Speed Press, Box 7123, Berkeley, CA 94707.
- Scheele, Adele, Skills for Success, Ballantine Books/Random House, 201 E. 50th St., New York, NY 10022. 1981; reprinted 1996.
- Krannich, Ronald L., Change Your Job, Change Your Life! High Impact Strategies For Finding Great Jobs in the 90s. 1994.
- Yate, Martin, Knock 'em Dead: The Ultimate Job Seeker's Handbook. revised annually. Adams Media, 260 Center St., Holbrook, MA 02343
- Margaret Riley, Frances Roehm, and the late Steve Oserman The Guide to Internet Job Searching,. VGM Career Horizons, a division of NTC Publishing Group, 4255 West Touhy Avenue, Lincolnwood (Chicago), IL 60646-1975. 1996, revised 1998.
- John Lucht Rites of Passage at $100,000 to $1 Million+: Your Insider's Lifetime Guide to Executive Job-Changing and Faster Career Progress in the 21st Century, Viceroy Press, 2000.
- Natham Azrin. Job Club Counselor's Manual: A Behavioral Approach to Vocational Counseling, Univ Park, 1981

Biographies:

- J. Welch, J. Byrne. “Jack: Straight from the Gut”, Warner Books (August 2005)
- William Rodgers. “THINK, a biography of the Watsons and IBM”, Panther 1971
- James Wallace & Jim Erickson.. “Hard Drive, Bill Gates and the Making of the Microsoft Empire”, Harper Business, ISBN 0-88730-629-2
- H. W. Brands. “Masters of the Enterprise, Giants of American Business from John Jacob Astor an J.P. Morgan to Bill Gates and Oprah Winfrey”, Free Press, 1999.
- Mary Kay Ash . “Mary Kay, The success story of America’s most dynamic businesswomen”, Harpercollins; Rev edition 1987.
- Janet Lowe. “Ted Turner Speaks, Insight form the world’s greatest maverick”, Wiley, 1999.
- Luis Majul . “Los Nuevos Ricos de la Argentina, Tiburones al acecho”, Sudamericana; 2a. ed edition (January 1998)
- Eduardo Bakchellian. “El error de ser Argentino, Vida, pasión y desventuras de un industrial, La historia de Gatic S.A., la historia de un país,” Editorial Galerna, 2000.
- Gabriel Dreyfus. “La publicidad que me parió”, Planeta, 2001.
- Peter Collier & David Horowitz . “The Fords, an american epic”, Encounter Books; Reprint edition (January 2002)

Social Networks:

- Albert-László Barabási, “ Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means”, Plume; 2002.
- Rob Cross & Andrew Parker. “The Hidden Power of Social Networks, Understanding how work really gets done in Organizations”, Harvard Business School Press, 2004.
- Mark Buchanan. “Nexus, small worlds and the groundbreaking science of networks”, W. W. Norton & Company; 2002,
- Robert Axelrod. “The evolution of Cooperation”, Perseus Books Group; 1984
- Wayne E. Baker. “Networking Smart, how to build relationships for personal and organizational success”, Backinprint.com, July 2000.
- Wayne Baker. Achieving Success Through Social Capital, Tapping the Hidden Resources in Your Personal and Business Networks, Jossey-Bass. 2000

System Dynamics

- John Sterman and John D. Sterman. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World with CD-ROM (Hardcover). McGraw-Hill/Irwin; 1 edition (February 23, 2000)

Personal Mastery

- Peter Senge . “The Fith Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization”, Currency (March 21, 2006), 1990.
- “The Lemming Dilemma, Living with Purpose, Leading with Vision”, David Hutchens, illustrated by Bobby Gombert, 2000.

Persuation and Influence:

- Richard Bandler & John LaValle. “Persuation Engineering, Sales & Business, Language & Behavior”, M E T a Publications, 1996.
- Sharon Dew Morgen. “Sales on the Line: Meeting the Business Demands of the ‘90s Through Phone Partnering”, Metamorphous Press, 1993.
- Robert B Cialdini, PhD. “Influence, The Psychology of Persuation”,. Collins (December 26, 2006). 1984.

THE MODEL'S CHARACTERISTICS:

The complete Powersim 2001 working model has 143 variables and the following sub models:

- Main parameters
- Test cases:
    1. Isolated
    2. Typical professional career path without networking
    3. Multiple Streams of income
    4. Physician
    5. Artist – painter
    6. Rock star
    7. Film star
    8. Politician
    9. Typical professional career path with networking
    10. Owner – small metallurgical company
    11. Owner – small consulting company
    12. Owner – bus service company
    13. Owner – metallurgical company
    14. Owner – small law firm

- Workload sub model
- Relationships and networking sub model
- Income sub model
- Resources for services sold sub model
- Resources for products sold sub model
- Hours billed sub model
- Hours worked by own employees sub model.
- Graphic output sub model

The model's construction took more than 6 months and is based on 11 years of career planning coaching experience

PARTE III
Aplicaciones en política pública

MODELO CON DINÁMICA DE SISTEMAS PARA SIMULAR ESCENARIOS DE GESTIÓN SOCIOAMBIENTAL EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CONCENTRADA

MAURICIO DÍAZ ESPINOSA
Lic. Ciencias Sociales, Ms.C. en Medio Ambiente y Desarrollo
mdiaze@eeppm.com; maudies@tutopia.com

ESCUELA DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE, FACULTAD DE MINAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN

Carrera 80, No. 65-223. Medellín, Colombia (Sur América)
Tel: 574-4255214. Fax: 574-4255214

RESUMEN

En este trabajo se presenta una aproximación teórica y metodológica a la utilización de dinámica de sistemas para contribuir en la comprensión y manejo de la complejidad de los desafíos de gestión que aparecen en las fases de diseño, construcción y operación de grandes proyectos de infraestructura como hidroeléctricas, puertos y parques industriales.

La localización de este tipo de proyectos desencadena impactos socioambientales en sus áreas de influencia que requieren una gestión estratégica por parte de las empresas propietarias, no sólo para cumplir con la normatividad ambiental vigente sino también para asegurar la viabilidad social de sus proyectos.

Palabras Claves: Simulación dinámica, complejidad, sistemas sociales, impacto socioambiental, gestión socioambiental.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño, construcción y operación de proyectos hidroeléctricos desencadena impactos socioambientales en sus áreas de influencia. Entre los impactos más significativos se encuentran la alteración de la estructura y dinámica de la población local, traslados de población, transformación del mercado laboral, cambios en el uso del suelo, perdida de actividades productivas, pérdida de patrimonio histórico, cambios en el desarrollo urbano y regional, crisis cultural y aumento de la conflictividad sociopolítica. Estos impactos requieren una gestión adecuada por parte de las empresas propietarias, no sólo para cumplir con la normatividad ambiental vigente sino también para asegurar la viabilidad social de sus proyectos.

La planeación estratégica de la gestión socioambiental en este tipo de proyectos con una perspectiva sistémica, demanda herramientas que estimulen la reflexión y la realimentación con base en la práctica, para ir consolidando formas y métodos de gestión más efectivos. Una de las herramientas que permite integrar los enfoques especializados necesarios con la acción interdisciplinaria en la gestión, es el desarrollo y aplicación de simuladores de gestión socioambiental, basados en dinámica de sistemas.

La dinámica de sistemas es una herramienta de modelado y simulación que permite representar sistemas y simular sus comportamientos pasados y futuros. Un sistema es la percepción de la realidad que el simulador quiere representar y esta puede ser diferente dependiendo de los fines. Una vez definido el sistema se construye un modelo que reproduzca el comportamiento global mediante el funcionamiento interrelacionado de los mecanismos parciales que lo componen, para así disponer de una herramienta que permita simular el impacto de distintas estrategias sobre las variables de interés.

Aunque el énfasis de este tipo de modelos no es la predicción, si permiten estudiar la evolución en el tiempo de las variables incluidas durante un periodo predefinido, que será aquel para el cual permanezca la validez de los supuestos empleados en la construcción del modelo.

En este trabajo se hace una aproximación inicial en este sentido para lo cual en el numeral 2 se presenta el planteamiento del problema en términos de la magnitud del desafío debido a la complejidad de la gestión socioambiental, en el numeral 3 se presenta la metodología utilizada para el diseño del modelo de gestión socioambiental y su estructura, en el numeral 4 se presentan algunos resultados y en el numeral 5 las conclusiones, en el numeral 6 las lecciones aprendidas y en el numeral 7 las recomendaciones más relevantes. Los agradecimientos y las referencias bibliográficas aparecen en los numerales 8 y 9.

2. LA GESTIÓN SOCIOAMBIENTAL DESDE UNA PERSPECTIVA SISTÉMICA

La gestión socioambiental es un componente de la gestión ambiental cuyo objeto es la identificación, evaluación, prevención, mitigación o compensación de los impactos ambientales[1] producidos por la localización de proyectos de infraestructura. La gestión ambiental es un proceso paralelo a la gestión de ingeniería de los proyectos y por tanto en cada etapa de concepción, construcción y desmantelamiento se cuenta con un alcance de la gestión ambiental, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Correlación entre ciclo técnico y ciclo de gestión ambiental en proyectos de infraestructura concentrada

ETAPA	ALCANCE TÉCNICO	ALCANCE AMBIENTAL
Planeación y estudios	Identificación de posibilidades y restricciones al proyecto. Estudios de prefactibilidad y factibilidad para determinar la viabilidad técnica y económica del proyecto. Finalmente diseño detallado del proyecto definiendo las características detalladas de ingeniería y las especificaciones de los componentes.	Identificación general de posibilidades y restricciones ambientales. Evaluación de alternativas y recomendación de la más adecuada desde la perspectiva ambiental. Estudio de impacto ambiental orientado a la identificación y evaluación de impactos ambientales. Formulación del Plan de Manejo[2].
Construcción	Trámites de licitación y contratación de construcción. Ejecución del proyecto y realización de pruebas operativas	Inclusión de especificaciones ambientales en los pliegos de licitación. Información y consulta con la comunidad. Ejecución del Plan de Manejo Ambiental y aplicación del sistema de calidad ambiental.
Operación	Funcionamiento comercial del	Evaluación ambiental ex –

[1] Un impacto ambiental es un vector que introduce transformaciones significativas en el área de influencia de un proyecto de infraestructura. Desde una perspectiva sistémica el impacto ambiental se puede entender como la alteración del comportamiento normal de determinadas variables o emergencias en el sistema que pueden conducir a catástrofes o desestrucuturación del sistema.

[2] El Plan de Manejo Ambiental PMA es el plan compuesto por programas y proyectos diseñado para manejar a nivel de prevención, mitigación o compensación los impactos ambientales desencadenados por la localización de un proyecto de infraestructura en los medios físico biótico y social.

ETAPA	ALCANCE TÉCNICO	ALCANCE AMBIENTAL
	proyecto	post. Ejecución del Plan de Manejo Ambiental de operación.
Desmantelamiento	Desmonte de estructuras y equipos	Plan de Manejo Ambiental de desmantelamiento. Seguimiento a las responsabilidades no resueltas y monitoreo de residuos.

Fuente: Adaptado de Ángel, Carmona y Villegas (2001, 32)

Estos alcances de la gestión en cada etapa requieren para su ejecución un enfoque integrador que permita comprender el origen y comportamiento de los problemas ambientales. En la dimensión social se puede partir de la premisa de que una comunidad urbana, rural o una sociedad regional, es un sistema complejo compuesto por una serie de elementos e interrelaciones, cuyas variables se mueven en función del tiempo debido al dinamismo interno del sistema con base en su patrón estructural de organización, mediado o alimentado por las interrelaciones que establece dicho sistema con otras variables externas a el. En este sentido, en principio debería ser posible simular el comportamiento de un sistema de esta categoría.

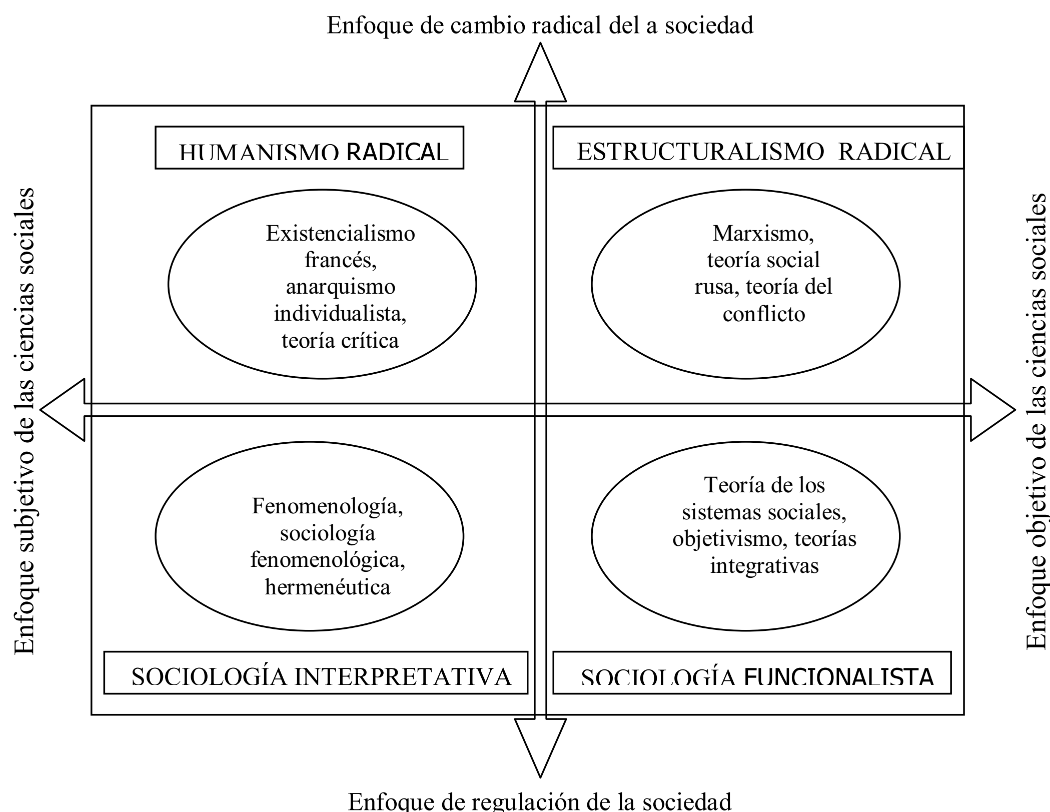
No obstante desde la perspectiva de los paradigmas cualitativos del pensamiento social la modelación y simulación de sistemas sociales ostenta dificultades epistemológicas y metodológicas insalvables. Para estas escuelas intentar una formalización matemática de modelos sociales puede ser una "herejía" científica. No obstante en los paradigmas integradores se abre la posibilidad de precisar modelos mentales y avanzar hacia formalizaciones matemáticas.

En el pensamiento social se han consolidado dos enfoques para explicar el funcionamiento de las sociedades. Uno afirma que las estructuras son determinantes para comprender los sistemas sociales y que el comportamiento de los seres humanos está constreñido totalmente por estructuras como la costumbre, las instituciones sociales y la cultura. En esta tradición se inscriben entre otros Comte y Marx. El otro postula que los individuos actúan como agentes humanos de manera voluntaria, que crean continuamente el mundo social atribuyendo significado subjetivo a sus acciones. Este es el enfoque de Hegel y Husserl entre los más representativos. Estos enfoques en su versión extrema dieron origen a dos puntos de vista en principio irreconciliables: un punto de vista llamado objetivo, que privilegia las estructuras y un punto de vista llamado subjetivo, que privilegia el voluntarismo y las elaboraciones subjetivas e intersubjetivas de significado.

Sobre el cambio social hay dos enfoques también contradictorios. Uno llamado de regulación, abarca teorías que dan énfasis a la esencial coherencia de la sociedad. Este enfoque busca explicar el mantenimiento del status quo mediante procesos de satisfacción de necesidades. En contraste, las teorías del cambio radical se preocupan en describir el conflicto social, el uso de poder para dominar y los estados de alienación. La palabra "radical" es importante. Los acercamientos regulativos no implican ciertamente la estabilidad; se incluyen aquí las teorías de cambio evolutivo como el concepto de desequilibrio, teorías de morfogénesis y algunas formas de conflicto. En contraste, las teorías de cambio radical hacen énfasis en el conflicto estructural en la sociedad, con el objetivo de motivar el levantamiento de amplios sectores de la sociedad.

Tomando estos pares contradictorios Burell y Morgan citados por (Lane, 2001A, 102) proponen un marco explicativo del pensamiento social compuesto por cuatro paradigmas: sociologías funcionalistas, sociologías interpretativas, estructuralismo radical y humanismo radical, como se observa en la Figura 1.

Figura 1 Paradigmas en ciencias sociales



Fuente: adaptado de (Lane, 2001A, 102)

Usando esta figura Burrell y Morgan (1979) concluyen que las teorías sociales podrían verse en uno de cuatro paradigmas. El más influyente es la “Sociología Funcionalista”. En este paradigma el mundo social existe fuera de los humanos y para observarlo estructuralmente es necesario descubrir las leyes que lo sostienen. Dentro de ‘‘la Sociología Interpretativa” el mundo social es como los agentes lo interpretan. El “Estructuralismo Radical” ve el mundo social como una prisión de fuerzas económicas estructurales. Finalmente, en el ‘‘Humanismo Radical” el mundo social es una prisión psicológica de alienación económica. (Lane, 2001A, 102).

Aunque la dinámica de sistemas no es una teoría social explícita, sus supuestos teóricos y metodológicos iniciales se situaron en un lugar afín a la sociología funcionalista y el grueso de la práctica se inscribió en este campo. Esta cercanía al funcionalismo de corte Parsoniano, le ha restado posibilidades a la dinámica de sistemas en ciencias sociales porque sus orígenes la descalifican ya que no refleja la complejidad intersubjetiva y de significado de la sociedad. No obstante también en sus orígenes la dinámica de sistemas incluyó flujos como acarreadores de significado y comenzó a trabajar con modelos mentales subjetivos e intersubjetivos, pero siempre con una visión servo – mecanicista de los sistemas sociales.

Recientemente se comienzan a hacer esfuerzos por liberarse de este fardo epistemológico intentando aproximaciones que combinan la raíz funcionalista con un enfoque más cercano a la sociología interpretativa y el humanismo radical. En este sentido se comienza a prestar más atención a los significados que atribuyen los actores a la dinámica social y con base en el cual toman sus decisiones de acción. De otra parte cada vez es más claro que los modelos de dinámica de sistemas no se validan "objetivamente" por la rigurosidad del conocimiento científico implicado, sino en procesos conversacionales intersubjetivos en donde se comparten modelos mentales. No obstante se puede afirmar que el desarrollo de la dinámica de sistemas como un campo de investigación social no se acomoda bien en estos paradigmas tradicionales de las ciencias sociales.

Lane (Lane 2001B, 295) propone como alternativa explorar las teorías integradoras contemporáneas. Plantea que cada vez es más evidente que la división tradicional entre subjetivismo y objetivismo es en realidad un par dialéctico para la comprensión de la complejidad social. Las principales teorías integradoras son:

- Estructuralismo constructivista: o "estructuralismo genético" de Pierre Bourdieu se centra alrededor del uso de los conceptos de Habito y Campo. El Hábito es el stock de conocimiento que una persona tiene como consecuencia de vivir en una cultura particular (Vg. actitudes respecto al trabajo, a los patrones del discurso etc.). El hábito entonces forma la anticipación y la interacción humana. El campo es una red de relaciones entre los agentes individuales e institucionales que define cómo se despliegan varias clases de recursos (por ejemplo capital económico o cultural). Es la práctica que media entre los dos: El campo condiciona el habito, que alternadamente hace el campo intersubjectivamente significativo (Bourdieu 1977).

- Teoría de sistemas autopoiésicos: La teoría de los sistemas es utilizada por Niklas Luhmann para describir la relación entre los procesos de la comunicación (sistema social) y el sentido individual (sistemas psíquicos). Él utiliza los conceptos de teoría de autopoiesis de Maturana y de Varela para describir cómo los elementos y los fenómenos se reproducen (Luhmann 1984; Mingers 1995).

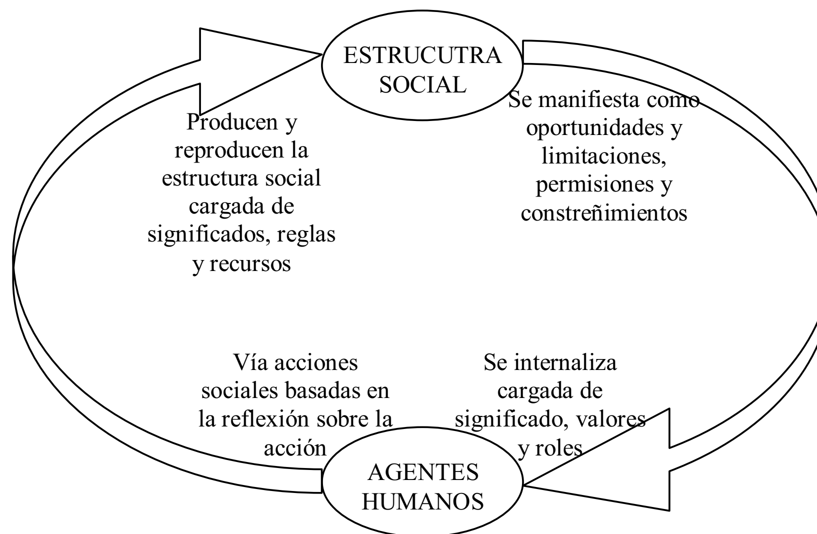
- Acción comunicativa: La teoría de "Acción comunicativa" de Jurgen Habermas procura llevar a cabo el equilibrio entre una teoría objetiva de los sistemas sociales relacionada con la de Parsons y una contabilidad del lenguaje y del significado. Esta teoría extensa modifica ideas de Marx, de Weber y de la teoría crítica temprana sobre la interacción compleja, de desarrollo entre el sistema (social) y el Lifeworld, o Lebenswelt, el mundo de experiencias y de acciones diarias en sociedad. Es una de las más influyentes teorías sociales modernas.

- Teoría de la estructuración social: desarrollada por Anthony Gidddens (1984) esta teoría está diseñada para explorar la interacción entre estructuras sociales y libre albedrío humano de tal modo que integra por un lado, conceptos e ideas del estructuralismo y del funcionalismo y, por otro, de las sociologías interpretativas. Guiddens subraya que la conducta estratégica de la gente se basa en gran medida en el modo como interpreta el entorno

Estas teorías tienen en común una perspectiva integradora del enfoque de estructuras y el enfoque de agentes en un bucle de realimentación como el que aparece en la Figura 2. Estas teorías integradoras parecen ser un lugar adecuado para desarrollar una relación más fructífera entre las ciencias sociales y la dinámica de sistemas. En efecto aunque la dinámica de sistemas no puede tener una relación adecuada con los paradigmas tradicionales en ciencias sociales, con excepción del funcionalismo, si se integra con la perspectiva de teoría de estructura de agentes, es posible encontrar una relación apropiada.

Esta solución apunta más allá de las teorías basadas solamente en las acciones de agentes humanos individuales y de las teorías que acentúan solamente influencias estructurales. Emerge en las teorías que apuntan a integrar el enfoque del agente social con los enfoques que se concentran solamente en la estructura del sistema (Lane 2001B, 302-305). La dinámica de sistemas es vista en este contexto como un aporte que se puede concretar en tales teorías. La conclusión principal es por lo tanto que la dinámica de sistemas puede contribuir a una parte importante del pensamiento social proporcionando un acercamiento formal para explicar mecanismos y fenómenos sociales.

Figura 2 Realimentación estructura social – agentes humanos



Fuente: adaptado de (Lane, 2001B, 297)

Un sistema social entonces se puede concebir como una red de comunicación que configura un patrón no lineal de organización en donde la realimentación y la emergencia de nuevos patrones es un elemento fundamental. Una de las emergencias más reveladoras y que diferencia los sistemas complejos adaptativos biofísicos y los sociales, es el *significado*, entendido como sinopsis del mundo interno de la conciencia reflexiva, que contiene una multitud de características interrelacionadas. Esta dimensión inherente a todos los sistemas sociales es la causa de las diferencias de intereses y cosmovisiones que van configurando diversas culturas Capra (2003, 116).

En esta perspectiva, la gestión socioambiental consiste en la intervención de algunas variables del sistema con el objetivo de direccionarlas para manejar los impactos sociales, buscando disminuir los efectos negativos y potenciar los efectos positivos para la sociedad regional y con la menor inversión posible de la empresa ejecutora. Se parte del supuesto de que las variables intervenidas no habrían seguido la trayectoria deseada o se habrían demorado más si se hubieran dejado a la dinámica propia del sistema. Entonces bajo esta lógica, una intervención con gestión social se justifica, si y solo si, las variables seleccionadas se pueden modificar de una forma más rápida y con menor inversión de capital social, que si se dejan a la dinámica propia del sistema.

Este objetivo se dificulta porque los impactos socioambientales suelen presentar un comportamiento que encaja bien en las características de los fenómenos complejos, como los describe Scheel (1998, 15):

- Son situaciones altamente acopladas en donde las relaciones pesan más que los estados por su patrón de configuración en red.

- Son fenómenos dinámicos en continuo movimiento, por lo que es más adecuado conocer sus posibles trayectorias dinámicas que un dato en un momento determinado.

- Se comportan de forma atípica y se resisten a alinearse a políticas generalizadoras.

- No responden a una causalidad lineal. Son multicausales en donde las interrelaciones entre ellos estructura el patrón de organización en red.

Otra fuente de complejidad aparece debido a la diversidad de significados en los procesos de gestión socioambiental, por lo que surge el reto de conciliar intereses diversos con respecto a la localización del proyecto y a los impactos socioambientales que pueden ocurrir en las etapas de diseño, construcción y operación dando lugar a cuatro perspectivas. Una descripción sintética de estas perspectivas y sus intereses se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Perspectivas e intereses en gestión socioambiental

PERSPECTIVA	INTERESES DE GESTIÓN SOCIOAMBIENTAL
Empresa propietaria del proyecto	Construir y operar el proyecto cumpliendo la legislación ambiental vigente con la menor inversión posible.
Sociedad regional del área de influencia	Manejo adecuado de los impactos ambientales ocasionados por el diseño, construcción y operación del proyecto con una inversión adecuada a la magnitud de los impactos. En algunas ocasiones la sociedad regional pasa la factura de deuda social acumulada por ausencia de Estado a la empresa propietaria del proyecto.
Estado	Que la empresa dueña y el ejecutor cumplan las metas de desarrollo y la legislación ambiental vigente.
Ejecutor de la gestión	Conciliar los intereses del cliente y los de la comunidad, cumpliendo la legislación ambiental vigente y las metas de desarrollo del Estado.

Nótese que en principio las perspectivas de la empresa propietaria y de la sociedad regional tienen intereses opuestos, debido a la diferencia de significado del proyecto para cada actor. Una alternativa para dirimir este conflicto de intereses es afirmar que la normatividad legal provee el marco de regulación legítimo de la relación entre el proyecto y la sociedad regional y por tanto el propietario del proyecto se ajusta a esa normatividad. No obstante cuando esta postura es inflexible puede activar conflictos cuando la sociedad regional, por medio de dinamizadores configura una comunidad de afectados, que también con base en argumentos legales se oponen a la ejecución del proyecto o solicitan la ejecución de una serie de medidas de manejo de los impactos socioambientales antes de iniciar la ejecución.

Estos conflictos en ocasiones causan una relación costo/beneficio negativa tanto para la empresa propietaria del proyecto como para la sociedad regional y se podrían haber evitado si se hubiera trabajado con una perspectiva diferente. Aquí cobra sentido el enfoque de construcción de viabilidad social para proyectos de infraestructura, pero inmediatamente aparecen preguntas como

¿Qué tipo de gestión es la más adecuada?, ¿Cuáles son las variables que estructuran el problema?, ¿Qué pasaría si se toma esta o aquella decisión?, ¿Cómo manejar esta situación problémica del proceso de ejecución? Preguntas que tienen en la base preguntas de tipo teórico y metodológico tales como:

- ¿Que tipo de relaciones se establecen entre la localización de un proyecto de infraestructura, la dinámica demográfica, la transformación del territorio, y la alteración de sus subsistemas económico, de servicios públicos y sociales, cultural y político en una región específica?

- ¿Que proporción de estas alteraciones son atribuibles a la localización de un proyecto de infraestructura y que proporción corresponde a la dinámica endógena de la región?

- ¿Se pueden establecer correlaciones y causalidades válidas entre las variables demográficas, territoriales, económicas, de servicios, culturales y políticas que permitan prospectar su comportamiento, con un enfoque sistémico?

Una manera de contribuir a responderlas analizando diversos escenarios de gestión es mediante la comprensión sistémica del problema y el diseño y utilización de simuladores.

3. PROCESO DE DESARROLLO DEL MODELO

El logro del objetivo propuesto requirió hacer uso de un conjunto de métodos de carácter interdisciplinario para alumbrar el problema de investigación:

- Construcción de un marco epistémico común entre las áreas de saber concurrentes con el fin de definir las categorías de análisis, supuestos y metodologías necesarias para el diseño del modelo. Se trabajó con base en revisión bibliográfica y documental.

- Definición de las variables, factores e indicadores de variables que conforman los elementos del sistema, identificación de las interrelaciones y formulación de hipótesis de trabajo para el diseño del modelo. El soporte epistemológico de esta tarea es la Teoría General de Sistemas.

- Aplicación de técnicas de simulación dinámica para la construcción del modelo y pruebas preliminares.

- Prueba y calibración del modelo con un proyecto hipotético basado en datos paramétricos de los proyectos hidroeléctricos Miel I y Porce III.

- Lineamientos de una metodología de trabajo con simuladores de gestión socioambiental aplicados a educación, aprendizaje empresarial y toma de decisiones de gestión.

El esfuerzo investigativo se centró en la identificación de patrones y estructuras comunes a diferentes sistemas sociales intervenidos por la construcción y operación de proyectos de infraestructura y en la gestión de los impactos ocasionados. Para calibrar el modelo se trabajó con un proyecto de desarrollo hidroeléctrico hipotético localizado en un área de influencia también hipotética, tomando como base algunas características técnicas y de área de influencia de proyectos hidroeléctricos en Colombia.

Se eligieron estos proyectos porque cuentan con estudios socioambientales que recogen el conocimiento y las experiencias más recientes del sector eléctrico colombiano en gestión ambiental. Además están localizados en regiones periféricas a los grandes centros urbanos donde normalmente se construyen este tipo de proyectos de infraestructura, por lo que las características de sus áreas de influencia tienen ciertas similitudes en cuanto a las dinámicas demográficas,

territoriales, socioeconómicas, culturales y políticas. Si bien el modelo desarrollado corresponde a un proyecto hipotético, el hecho de tomar datos paramétricos existentes garantiza que los resultados de simulación se acerquen al comportamiento real de las variables de interés y por tanto los hallazgos pueden ser aplicados a proyectos de infraestructura haciendo los ajustes estructurales y paramétricos necesarios.

La aproximación al problema de investigación se intentó desde la perspectiva del paradigma de la complejidad, lo cual define una mirada, unos problemas y unos supuestos. En lo metodológico se prestó especial atención a la estructura del modelo y la calibración se hizo con datos hipotéticos muy ajustados a situaciones reales. Se trabajó con Vensim DS 5.3 (VENSIM 2003 A, B y C).

De acuerdo con los planteamientos expuestos se identificaron como elementos estructurantes de un sistema para simulación dinámica la calidad socioambiental regional, la ejecución del proyecto, el impacto socioambiental y la gestión socioambiental. Estos elementos se definen conceptualmente así:

- Calidad socioambiental regional: Hace referencia a las condiciones sociales del área de influencia regional donde se localiza el proyecto entendida como un sistema autorregulado. Este sistema tiene una dinámica interna que determina el comportamiento de las variables que lo estructuran y que depende de su patrón de organización, de los flujos que conectan el sistema con su entorno y de las estructuras encarnadas materialmente, mediante un proceso evolutivo permanente (Ulrich Y Probst 1984; Capra 2003).

- Ejecución del Proyecto: Es el desarrollo de un conjunto complejo de acciones orientadas a la materialización de un modelo de desarrollo mediante la inversión de capital humano, tecnológico y cultural que transforma el medio ambiente. La ejecución de un proyecto se divide en las etapas de diseño, construcción, operación y desmantelamiento (Ángel, Carmona y Villegas 2001; Correa 1999).

- Impacto socioambiental: Es la introducción de factores exógenos de cambio en la calidad socioambiental por la ejecución de un proyecto de infraestructura. Estos cambios pueden ser de dos tipos: modificaciones en la dinámica de las variables existentes en el sistema o emergencia de nuevas variables por un proceso de bifurcación o catástrofe de la dinámica del sistema (López 2000; Aracil 1979).

- Gestión socioambiental: Es la ejecución de un conjunto de acciones encaminadas a prevenir, mitigar, controlar o compensar los impactos ambientales ocasionados por la ejecución de un proyecto. La gestión puede ser de dos tipos: gestión vertical cuando no toma en cuenta a los habitantes del área de influencia y participativa cuando toma en cuenta sus puntos de vista y se esmera en negociar significados buscando el mayor beneficio posible para todas las partes (Ángel, Carmona y Villegas 2001; Correa 1999).

En la Figura 3 se expone el sistema de relaciones de realimentación y retardos que se establecen entre estos elementos. Este modelo genérico de relaciones que sintetiza el problema de investigación se conoce como arquetipo sistémico (Wolstenholme 2003).

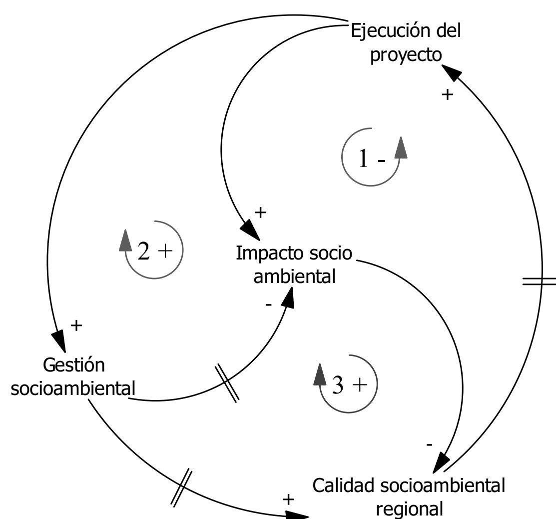
Se observan tres bucles de realimentación que definen el comportamiento del sistema:

- En el escenario de ejecución del proyecto sin gestión socioambiental aparece un bucle de realimentación negativa (1 -) entre ejecución del proyecto – impacto socioambiental y calidad socioambiental regional, que tiende a equilibrarse en un escenario de baja calidad socioambiental regional, hasta frenar la posibilidad de ejecutar el proyecto.

- En el escenario de ejecución del proyecto con gestión socioambiental aplicada únicamente a la atención de impactos socioambientales aparece un bucle de realimentación positiva (2 +) entre gestión socioambiental – impacto socioambiental - calidad socioambiental y ejecución del proyecto. Este bucle refuerza el anterior, mejorando la calidad socioambiental regional y permitiendo la ejecución del proyecto.

- En el escenario de ejecución del proyecto con gestión socioambiental integral, es decir que incide directamente en el mejoramiento de la calidad socioambiental, aparece otro bucle de realimentación positiva (3 +) entre gestión socioambiental – calidad socioambiental y ejecución del proyecto.

Figura 3: Arquetipo de gestión socioambiental



4. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Con base en este arquetipo se diseñó un modelo de simulación dinámica denominado SimgeSOAM compuesto por siete subsistemas y 379 variables. En el diseño de este tipo de modelos se diferencian dos clases de información: datos estructurales y datos paramétricos (Aracil, 1979). Los primeros hacen referencia a la producción intelectual que explica el comportamiento estructural del sistema en estudio, por medio de modelos mentales formalizados o no en publicaciones (Doyle y Ford 1999). Los segundos son los valores iniciales de las variables de entrada para alimentar el modelo. Para el diseño de SimgeSOAM los datos paramétricos se obtuvieron mediante la revisión de estudios ambientales de dos proyectos hidroeléctricos: Miel I y Porce III, con los cuales se construyó un proyecto hidroeléctrico hipotético denominado El Salado. Los datos estructurales se obtuvieron mediante revisión bibliográfica, entrevistas con expertos y experiencia de campo. A continuación una síntesis de la estructura de cada subsistema:

- Subsistema demográfico: Establece una distinción conceptual entre migración clásica y movilidad poblacional asociada a la localización de proyectos de infraestructura concentrada (CEDE, 1996A, 1996B, 1996C; ISAGEN S.A. / BAA, 2002 y 1999). Con base en esta distinción conceptual se diferencia la población local urbana y rural, de la población foránea que llega

atraída por la construcción y operación del proyecto. La dinámica de la población aparece en cuatro cohortes etáreos: 0 a 5 población infantil, 6 a 17 población en edad escolar, 18 a 64 población en edad de trabajar y mayores de 65 población de tercera edad.

- Subsistema territorial: Parte de la premisa de la existencia de unidades de población - cultura – espacio – producción que configuran una estructura territorial estable en periodos de tiempo significativos (Méndez y Molinero, 1998). Con base en este concepto se definieron cinco unidades territoriales: minifundio, agricultura comercial, latifundio, unidad territorial urbana y cobertura vegetal con sus características iniciales en cuanto a cantidad de población, cantidad de suelo, cantidad de viviendas, movilidad del suelo y movilidad de la población. (Eurosur 2003; Fajardo 2002; Benítez 2001).

- Subsistema económico: Simula la distribución y movilidad de la fuerza laboral y el ingreso percápita en cada una de las unidades territoriales del área de influencia. Parte del supuesto de un área de influencia orientada a la producción local, baja generación de excedentes, mínima exportación de productos, baja inversión de capitales exógenos o endógenos y sin presencia de atractores económicos regionales, es decir una región periférica (Polese, 1998). El ingreso percápita para cada una de las unidades territoriales se calcula en unidades de salario mínimo diario por trimestre. En el minifundio este es un ingreso de subsistencia, en tanto que en el latifundio y la agricultura comercial hay producción de excedentes y por tanto un ingreso más alto que permite la acumulación de capital. (Castellar y Uribe 2000; Fort y Aragón 2001; Giovenardi 1993; Mosquera y Mora 2002 y Gil, 1990). En la unidad territorial urbana el ingreso percápita es casi equiparable al del minifundio, porque hay una mayor cantidad de población en edad de trabajar inactiva y porque la producción depende de la prestación de servicios. Por eso cuando se localiza un proyecto de infraestructura concentrada es el ingreso que presenta un mayor incremento asociado a la contratación de mano de obra local.

- Subsistema de servicios: Ofrece una aproximación dinámica a los problemas asociados al crecimiento de la demanda de servicios públicos (energía, acueducto, manejo de residuos sólidos y líquidos) y sociales (salud y educación) como resultado del aumento de población. Entre estos problemas los más significativos tienen que ver con la gestión de servicios públicos, la crisis adaptativa que produce la transformación de la cobertura y la dinámica de la conflictividad política latente que aparece por los intereses comunitarios asociados a la falta de cobertura.

- Subsistema cultural: Se centra en la simulación de la magnitud adimensional de la crisis cultural producida por las crisis adaptativas que producen los impactos socioambientales en las unidades territoriales urbana y rural. Se parte del concepto de cultura como adaptación dinámica de los grupos humanos a su ambiente natural y social y a las transformaciones sobre el mismo originadas en los impactos de los proyectos de desarrollo (Ángel, Carmona y Villegas 2001). La crisis cultural aparece como consecuencia de la presión ocasionada por los impactos del proyecto sobre los sistemas culturales, presionando su transformación y presenta de manera general las fases de desajuste, transición y transformación.

- Subsistema político: Simula el comportamiento de la conflictividad política latente en las unidades territoriales rural y urbana en función de la magnitud adimensional de los intereses económicos, comunitarios, ecológicos y de la crisis cultural. Se parte de diferenciar conceptualmente problema ambiental y conflicto ambiental. Los problemas ambientales reales o percibidos son provocados por las transformaciones que introduce la construcción del proyecto en el área de influencia. Estos problemas suelen generar un clima social de conflictividad latente, que si no es desencadenado, no tiene efectos en la dinámica normal del sistema social. El conflicto político surge cuando agentes políticos capitalizan esa conflictividad latente e institucionalizan el conflicto, iniciando acciones en contra de los iniciadores del conflicto y constituyendo una “comunidad de afectados” (Carmona 2003).

- Subsistema ejecución del proyecto: Representa el proceso de ejecución del proyecto desde la etapa de diseño hasta la de operación, la necesidad de mano de obra, el alojamiento de la fuerza laboral en campamentos y las expectativas asociadas a la construcción del proyecto. En el simulador la ejecución del proyecto es sensible a la conflictividad política representando la inconformidad social producida por los intereses no atendidos. Si se activa el escenario con conflictividad y el valor de esta variable está por encima del 50 %, la construcción o la operación del proyecto se detienen. Esta es una forma de simular que cuando la inconformidad social producida por el proyecto no es atendida, deriva en conflictividad política activada por dinamizadores. Esta se manifiesta en marchas, paros cívicos, bloqueo de vías, motines y atentados que frenan el proceso de ejecución de los proyectos. Entre las variables de gestión se incluye la gestión con dinamizadores del conflicto que simula la alternativa de negociar o cooptar a los líderes para reducir la conflictividad. Esta se puede utilizar solamente si la conflictividad es menor al 45% para significar que este tipo de gestión es posible si no se ha pasado de la conflictividad latente a las vías de hecho. Al utilizarla se observa que se detiene la conflictividad por un tiempo, pero mientras no se actúe en las causas que la producen ella vuelve a aparecer.

5. VALIDACIÓN POR SIMULACIÓN DE TRES ESCENARIOS

El prototipo de simulador de gestión socioambiental SimgeSOAM permite imaginar y desarrollar infinidad de escenarios y familiariza al usuario con la complejidad inherente a la gestión socioambiental. No obstante en su estado de desarrollo actual no es posible hacer análisis costo / beneficio de cada escenario ni optimizar estrategias, para lo cual se requieren desarrollos futuros con base en las herramientas de los software de simulación dinámica.

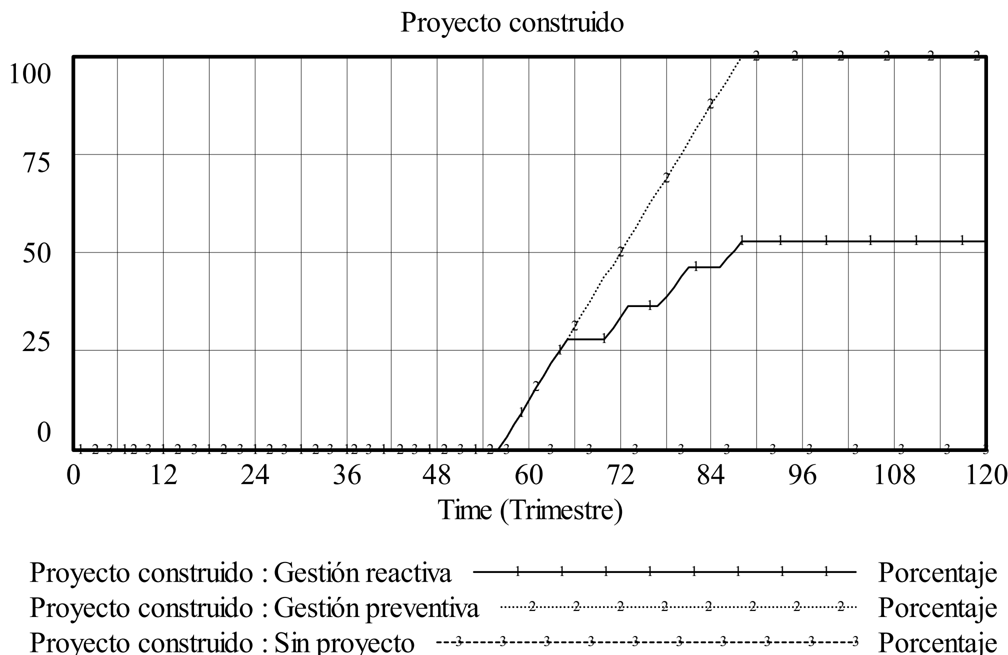
Como una muestra del tipo de análisis que se pueden hacer con el prototipo de simulador, se presentan los resultados más relevantes de un ejercicio de simulación con tres escenarios: Sin proyecto, con gestión reactiva y con gestión preventiva. Estos escenarios se definen así:

- Sin proyecto: dinámica del sistema social del área de influencia sin proyecto. Se supone que no hay fuentes que alteren de manera significativa el sistema en los 30 años de simulación.

- Gestión preventiva: escenario en donde la gestión socioambiental es preventiva con políticas muy claras desde el inicio de la etapa de estudios y planeación. Se contrata el 30% de la fuerza laboral local para no producir una deformación muy fuerte del mercado de trabajo y se compensa la necesidad de empleo invirtiendo en productividad en las unidades territoriales de minifundio y urbana. Se gestiona el cubrimiento de la demanda de servicios públicos y sociales ocasionada por la movilidad poblacional asociada al proyecto. Hay medidas de manejo claras para la población desplazada y para manejar la crisis cultural.

- Gestión reactiva: escenario en donde la gestión socioambiental es reactiva frente a las situaciones que se presentan, intentando resolver los problemas que aparecen en el día a día. No hay una política de contratación de mano de obra, por lo que en el segundo año se intenta contratar el 10% de la mano de obra local. Tampoco hay una política clara de manejo preventivo de los impactos ocasionados por la construcción y para manejar la conflictividad política que aparece por el inconformismo social, se intenta cooptar a los dinamizadores del conflicto.

Figura 4: Avance en la construcción del proyecto



En la Figura 4 se observa que en el escenario de gestión preventiva se construye el proyecto en el tiempo establecido y en el escenario de gestión reactiva el proyecto se retrasa y finalmente no se termina de construir debido al aumento de la conflictividad política sin una gestión adecuada. Este ejemplo muestra un caso extremo de ausencia de definición de políticas claras de gestión socioambiental desde el inicio del proyecto. Cuando se intenta su implementación la dinámica del sistema ya ha amplificado las consecuencias haciendo más difícil resolver el problema en cuestión.

El comportamiento dinámico de la conflictividad aparece en la Figura 5. En el escenario de gestión preventiva las políticas de manejo establecidas de manera oportuna reducen su intensidad significativamente. Al inicio de la construcción y durante el desplazamiento y reubicación de población presenta un aumento pero se mantiene por debajo del límite de 50%.

En el escenario de gestión reactiva presenta un comportamiento oscilatorio debido al intento de cooptación de los dinamizadores. Dado que no se atienden las causas de esta conflictividad, cada vez reaparece con mayor intensidad hasta que sobrepasa el umbral del 50% y detiene la construcción del proyecto. Como se argumento antes, este umbral se establece para significar que cuando la conflictividad política latente no es atendida, degenera en inconformismo social que en manos de dinamizadores avanza hacia el conflicto social. Este se manifiesta como marchas, motines, paros cívicos y atentados que paralizan las actividades de construcción por diversas razones.

Figura 5: Conflictividad política

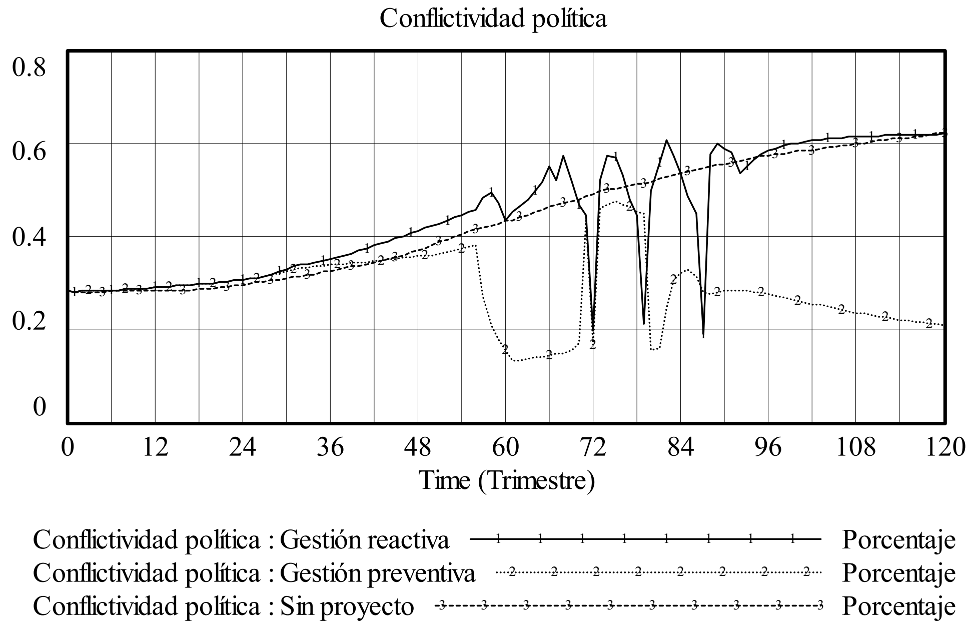
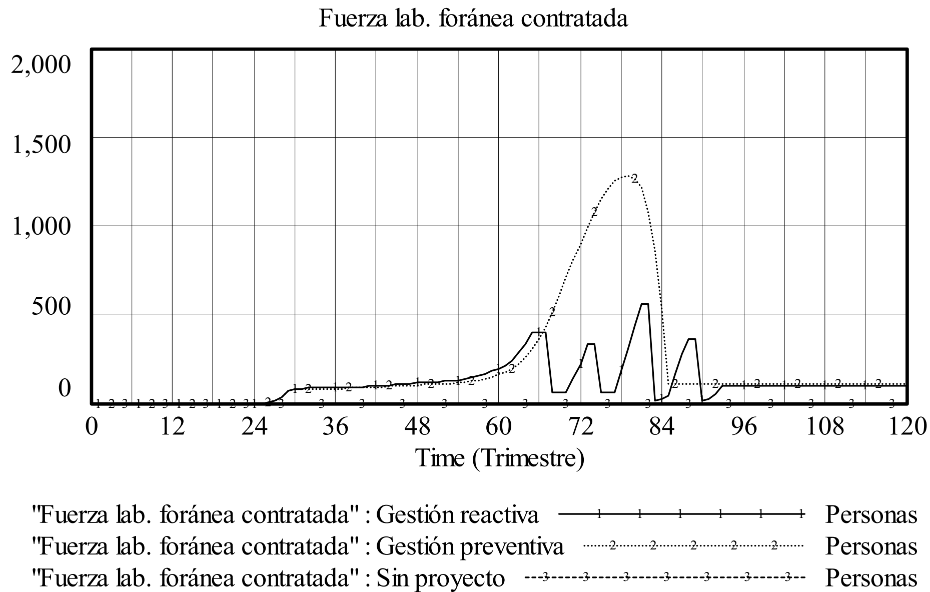


Figura 6: Fuerza laboral foránea contratada



En la Figura 6 se observa la dinámica de la fuerza laboral foránea contratada. En el escenario de gestión preventiva se contratan en el pico de contratación 1200 trabajadores foráneos y los 500 restantes se contratan entre la mano de obra local. No se presentan retrasos en el cronograma de construcción por lo que la curva de contratación evoluciona de manera normal. En el escenario de gestión reactiva esta variable adopta un comportamiento oscilatorio debido a las parálisis en la construcción por la conflictividad política sin una gestión coherente. Los trabajadores foráneos son contratados y luego despedidos porque no se puede continuar con las obras. La curva se deforma por esta razón.

La población urbana total tiene comportamientos bien diferenciados en cada escenario como se observa en la Figura 7. En el escenario de gestión preventiva hay un aumento significativo de la población durante la fase de construcción por la llegada de población foránea. Una parte de esta población corresponde a los obreros contratados y sus familias, la mayoría de los cuales se va al finalizar el periodo de construcción. Otra parte corresponde a la población que llega por expectativas, a pesar de la gestión y que se quedan después de finalizar la construcción. Se observa un aumento neto de población por encima de la dinámica sin proyecto, asociada a este fenómeno y a que la emigración local se detiene debido al alto ingreso percápita.

En el escenario de gestión reactiva la población foránea tiene un comportamiento oscilatorio debido a los paros en el proceso de construcción y al final del periodo de simulación retoma la tendencia de la población local sin proyecto.

Figura 7: Población urbana total

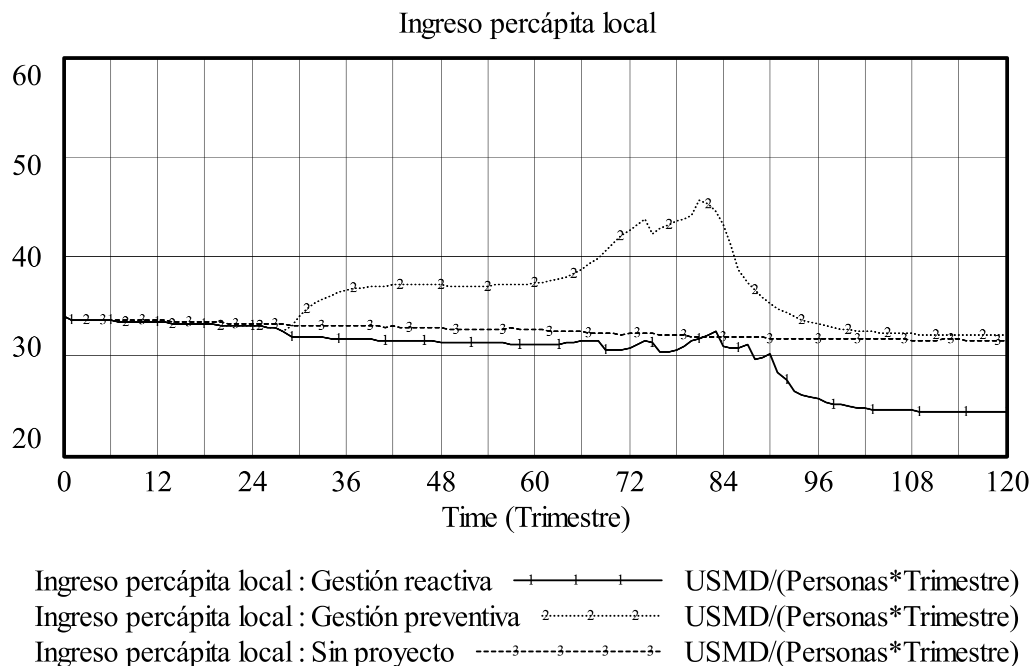


Finalmente en la Figura 8 aparece el comportamiento dinámico del ingreso percápita local. En el escenario de gestión preventiva aumenta desde el inicio de diseño del proyecto debido a la

inversión social en productividad del minifundio y de la unidad territorial urbana. Durante la etapa de construcción tiene un aumento significativo por la contratación del 30% de la fuerza laboral necesaria en el área local y al final cae al mismo nivel que tendría sin la construcción del proyecto.

En contraste, en el escenario de gestión reactiva, desde el inicio de los estudios cae por debajo del nivel que tendría sin la construcción del proyecto. Esto se explica por la realimentación negativa tipo “circulo vicioso” entre conflictividad política – ejecución del proyecto – desmovilización de fuerza laboral – aumento de conflictividad política que lo mantiene estable en ese nivel.

Figura 8: Ingreso percápita local



Este ejercicio ejemplifica las bondades de la gestión preventiva y los peligros y trampas sistémicas de la improvisación en gestión socioambiental. Es un buen ejemplo del arquetipo de gestión “Transferencia de Carga” que explica cómo cuando se intenta resolver un problema sin actuar sobre las causas profundas, el problema realimentado aparece de manera más intensa e incisiva. Entonces cuando se toma la decisión de actuar sobre las causas puede ser demasiado tarde para lograr un resultado óptimo, porque ya se han generado pérdidas y malestar. También muestra cómo las decisiones de política en gestión ambiental pueden propiciar escenarios de mutuos beneficios para la sociedad regional y para la empresa propietaria de un proyecto.

6. CONCLUSIONES

- La utilización de simulación dinámica es pertinente como herramienta de apoyo en la toma de decisiones de gestión socioambiental, en la capacitación de equipos empresariales de gestión y en la formación universitaria. Es deseable continuar desarrollando simuladores de gestión

socioambiental genéricos como SimgeSOAM o específicos para proyectos de infraestructura que requieran el uso de estas herramientas de gestión.

- La magnitud definitiva de los impactos socioambientales está asociada a la gestión. En el simulador la línea base de comportamiento sin proyecto es una aproximación inicial para determinar la diferencia, siempre y cuando las condiciones no cambien de manera abrupta.
- En el futuro se pueden desarrollar metodologías de evaluación de impactos y diseño de medidas de gestión socioambiental acordes con este enfoque que privilegia la visión de conjunto.
- Aparece la necesidad de la previsión: es más efectiva una política de largo plazo y metas moderadas que una medida de choque que intenta resolver de una vez el problema. Se corrobora la máxima de que los problemas de hoy son el resultado de las soluciones de ayer.

7. LECCIONES APRENDIDAS

La principal lección aprendida es que hay posibilidades de cambiar la perspectiva pesimista de que la construcción y operación de grandes proyectos de infraestructura impacta negativa e inexorablemente las sociedades locales. Este ya no es un axioma: depende de las estrategias de gestión y las nuevas tecnologías de la información ofrecen herramientas para prospectar escenarios deseables. Sin embargo esto apenas es el comienzo. Hay mucho trabajo por hacer.

8. RECOMENDACIONES

Bajo la premisa de la pertinencia del diseño de simuladores de gestión socioambiental y de gestión ambiental se vislumbran estos desarrollos futuros:

- Desarrollo de módulos de magnitud de impactos y de costos de gestión ambiental. Entonces se tendrían elementos de juicio para optimizar estrategias de gestión que equilibren la relación costo - impacto.

- Desarrollo de módulos de aspectos biofísicos para tener una visión de conjunto de la gestión ambiental y relacionar las interacciones entre estas dimensiones de manera dinámica.

- Desarrollo de laboratorios de aprendizaje y de interfases para interacción simultánea que permitan obtener toda la potencialidad de los simuladores incluyendo la posibilidad de interacción simultánea entre usuarios.

9. AGRADECIMIENTOS

Al fondo de investigación del convenio Interconexión Eléctrica S.A. – Universidad Nacional Sede Medellín, por los recursos de cofinanciación para el desarrollo de este proyecto de investigación, en el marco del posgrado en gestión ambiental.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. ANGEL, ENRIQUE, CARMONA, SERGIO y VILLEGAS, LUÍS (2001): "Gestión ambiental en proyectos de desarrollo". Postgrado en Gestión Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

[2]. ARACIL, JAVIER (1979): "introducción a la dinámica de sistemas". Alianza Editorial, Madrid, España.

[3]. BENÍTEZ, REGIS (2001): "La problemática ambiental de la agricultura tradicional campesina". En: Documentos de trabajo de la Contraloría General de la República, dirección de asuntos sectoriales. Bogotá D.C.

[4]. CAPRA, FRITJOF (2003): "Las conexiones ocultas", Editorial Anagrama, Barcelona.

[5]. CARMONA, SERGIO (2003): "¿Conflicto? ¿Por qué? ¿Ambiental?, Una frontera difusa". Documento de trabajo, curso de negociación de conflictos ambientales", Postgrado en Gestión Ambiental, Universidad Nacional sede Medellín.

[6]. CASTELLAR, CARLOS y URIBE, JOSÉ (2000): "Pobreza y calidad de vida en el sector campesino colombiano: un modelo econométrico" En: documentos de trabajo, departamento de economía de la Universidad del Valle.

[7]. CEDE (1996 A): "Dinámicas demográficas colombianas: de lo nacional a lo local". Universidad de los Andes, Bogotá D.C.

[8]. ____, (1996 B): "Movilidad espacial en ciudades de zonas de expansión. Los casos de Yopal, Aguazul y Tauramena (Casanare), El eterno cuarto de hora, estudio cualitativo". Universidad de los Andes, Bogotá D.C.

[9]. ____, (1996 C): "Movilidad espacial en ciudades de zonas de expansión. Los casos de Yopal, Aguazul y Tauramena (Casanare), Análisis de información secundaria". Universidad de los Andes, Bogotá D.C.

[10]. CORREA, HELENA (1999): "Impactos socioeconómicos de grandes proyectos de desarrollo, evaluación y manejo", Fondo FEN Colombia, Bogotá D.C.

[11]. DOYLE, JAMES and FORD, DAVID (1999): "Mental models concepts revisited: some clarifications and a reply to Lane". En System Dynamic Review Vol. 15 # 4, winter 1999.

[12]. EE.PP.M (2002): "Estudio de impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico Porce III, componente social". Documento de consultoría.

[13]. EUROSUR (2003): "Latifundio y minifundio en América Latina". En: www.erosur.org/

[14]. FAJARDO, DARÍO, (2002): "Organización espacial y reforma agraria en una propuesta para el campo". En: Revista Tierra, # 1, julio de 2002.

[15]. FORT, RICARDO y ARAGÓN, FERNANDO (2001) "Impacto de los caminos rurales sobre las estrategias de obtención de ingresos de los hogares" Documento de trabajo GRADE, Lima, julio de 2001.

[16]. GIL, ADELA (1990): "De la agricultura tradicional a la tecnológica" Editorial Cincel, Madrid.

[17]. GIOVENARDI, EUGENIO (1993): "¿Por qué son pobres los campesinos? PNUD, OIT. Serie de documentos metodológicos de desarrollo empresarial participativo.

[18]. ISAGEN S.A. / BARÓN AZUERO Y ASOCIADOS (2002): "Censo de población en Norcasia". Documento de consultoría.

[19]. ISAGEN S.A. / BARÓN AZUERO Y ASOCIADOS (1999): "Estudio de movilidad de población en proyectos hidroeléctricos y de la población flotante en el proyecto Miel I". Documento de consultoría.

[20]. LANE, DAVID (2001): "Rerum cognoscere causas: Part I – How do the ideas of system dynamics relate to traditional social theories and the voluntarism / determinism debate? En System Dynamic Review Vol. 17 # 2, summer 2001.

[21]. __________, (2001): "Rerum cognoscere causas: Part II – Opportunities generated by the agency / structure debate and suggestions for clarifying the social theoretic position of system dynamics". En System Dynamic Review Vol. 17 # 4, winter 2001.

[22]. ___________, (1999): "Friendly amendment: A commentary on Doyle and Ford's proposed re – definition of "mental model" ". En System Dynamic Review Vol. 15 # 2, summer 1999.

[23]. LÓPEZ HELENA y MARTINEZ SILVIO (2000): "Iniciación a la simulación dinámica", Editorial Ariel, Barcelona
[24]. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA MME / ISA 1994: "Evaluación ambiental sectorial, sector eléctrico Colombiano", Bogotá D.C.
[25]. MÉNDEZ, RICARDO y MOLINERO, FERNANDO (1998): "Espacios y sociedades, introducción a la geografía regional del mundo" Editorial Ariel, Barcelona.
[26]. MOSQUERA, MAURICIO y MORA, SIGIFREDO (2002): "Pobreza rural y generación de ingreso 1990 – 2000". En: Revista de Economía Colombiana y Coyuntura Política, febrero de 2002.
[27]. POLESE, MARIO (1998): "Economía urbana y regional, introducción a la relación entre territorio y desarrollo" Editorial tecnológica de Costa Rica.
[28]. ULRICH H y PROBST G (1984): "Self – organization and management of social systems, Springer – Verlag, Berlin.
[29]. VENSIM (2003 A): "User's guide". En www.vensim.com
[30]. _______, (2003 B): "Modeling guide". En www.vensim.com
[31]. _______, (2003 C): "Reference manual". En www.vensim.com
[32]. WOLSTENHOLME, ERIC (2003): "Towards the definition and use of a core set of archetypal structures in system dynamics". En System Dynamic Review Vol. 19 # 1, spring 2003.
[33]. Scheel, Carlos (1998) "Modelación de la dinámica de ecosistemas", Editorial Trillas, México
[34].

APLICACIONES DE MICROMUNDOS EN MERCADOS ELÉCTRICOS EN COLOMBIA

Isaac Dyner PhD
idyner@unalmed.edu.co

Carlos Jaime Franco PhD
cjfranco@unalmed.edu.co

Santiago Arango PhD
saarango@unalmed.edu.co

Grupo de Sistemas e Informática
Centro en Complejidad - CeiBA
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
Cra 80#65-223. Tel 574 4255350. Fax 574 4255365

RESUMEN

En febrero del año 2000 la Universidad Nacional de Colombia e Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. -ISA- lanzaron su primer micromundo de mercados de energía, el cual fue nombrado Enerbiz I, del inglés Energy Business. Hoy se cuenta con una familia de micromundos denominada Enerbiz I, Enerbiz II y Enerbiz III, cada uno enfocado a un aspecto diferente del mercado o con un nivel de detalle mayor. Adicionalmente la Universidad Nacional ha desarrollado otros micromundos para mejorar el entendimiento de problemas relacionados con el sector energético en particular. En este capítulo se hace una descripción teórica de los micromundos, se muestran las principales características de los desarrollos y cual ha sido la experiencia en la utilización de los mismos.

ABSTRACT

In February 2000, the Universidad Nacional de Colombia and Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. -ISA- released the first microworld for energy markets. It was named as Enerbiz I, resembling Energy Business. Nowadays, there is a family of Microworlds called Enerbiz I, Enerbiz II and Enerbiz III, each microworld focuses on particular aspects of the market and/or higher complexity. In addition, the Universidad Nacional de Colombia has Developer other microworlds to provide insights in energy related problems. This chapter presents a theoretical description of microwolds, it shows the main features of the developed microworlds and the experiences using them.

1 INTRODUCCIÓN

La última década ha sido de profundas transformaciones en los esquemas de manejo de los sectores energéticos, particularmente la electricidad, pasando de la planeación centralizada a los mercados libres buscando eficiencia y mejor uso de los recursos. En particular, el Sector Eléctrico Colombiano -SEC- ha fundamento sus cambios en la Ley de Servicios Públicos Domiciliarios CONGRESO DE COLOMBIA, 1994a y en la Ley Eléctrica CONGRESO DE COLOMBIA, 1994b. El SEC pasó de ser un esquema centralizado a un esquema de mercado, el cual cuenta con la Bolsa de Energía instaurada en el año de 1995.

Bajo estas condiciones de mercado libre, se requiere que los agentes participantes en el SEC entre ellos los inversionistas conozcan el riesgo y las incertidumbres a las que están sometidos

para la adecuada toma de decisiones. Con el esquema de planificación centralizada se tenía pleno conocimiento de las condiciones de los sistemas energéticos, partiendo de una función objetivo claramente identificada; pero con el cambio a modelos de mercado han aparecido nuevos elementos. Con la evolución del mercado se ha introducido la competencia en las diferentes actividades de los sistemas energéticos, lo que implicó un aumento en la complejidad de dichos sistemas Larsen et al, 2004, Arango, 2007.

Los sistemas eléctricos, entre ellos el colombiano, están caracterizados por su incertidumbre en muchos aspectos, entre otros: en el precio de la energía, ya que este se forma de las ofertas entre los agentes generadores; los continuos cambios y ajustes en la regulación; el desarrollo tecnológico, ya que es posible que nuevas tecnologías desplacen a otras en un período de tiempo no determinado. Además, la competencia por una porción de mercado y la búsqueda de la eficiencia energética hacen que se generen nuevos comportamientos de consumos no conocidos, aspectos como cambios en la elasticidad al precio, como "aplanar" la curva de carga y la penetración masiva de sustitutos, entre otros.

En este nuevo ambiente, se hace necesaria la introducción de nuevas herramientas que permitan mejorar los análisis y el aprendizaje en temas que van desde la comercialización de la energía hasta la evaluación financiera tradicional de los proyectos de inversión en capacidad de generación, particularmente en la evaluación de los beneficios del proyecto debido a todas las incertidumbres al respecto.

Con la necesidad de desarrollar los sistemas y estar soportados en herramientas teóricas que sirvan de apoyo a las decisiones, se continúan utilizando algunas metodologías del anterior sistema centralizado, las cuales no se ajustan a un ambiente de incertidumbre como el actual, ya que fueron creadas para operar bajo otro esquema. Además otro tipo de herramientas se han implementado en el sector, tales como árboles de decisiones, simulación y opciones de inversión; pero que fueron desarrolladas para entornos con ninguno o poca componente hidráulica, presentándose dificultades en su implantación para Colombia.

Bajo las anteriores circunstancias, se requiere de nuevas herramientas que permitan entender el comportamiento del sistema con su estructura de mercado, adaptadas explícitamente para el caso particular de Colombia, y que sirvan para responder preguntas de tipo ¿qué pasa si ...? Metodologías como la simulación y el uso de micromundos para el aprendizaje han sido aplicadas para con el ánimo de satisfacer los nuevos requerimientos; particularmente en Colombia se desarrollaron un micromundo para la comercialización de energía y para análisis de inversiones en generación, los cuales se presentarán más adelante.

2 MICROMUNDOS PARA EL APRENDIZAJE

La modelación y el entendimiento de los sistemas eléctricos ha sido basada en los esquemas de evolución de estos sistemas. Inicialmente se tenía un esquema de planeamiento centralizado donde se tenían objetivos claros, el cual evolucionó hacia nuevos esquemas de mercado con superior incertidumbre. Este cambio fue motivado por la búsqueda de la eficiencia en el uso de los recursos y una adecuada satisfacción del usuario final en términos de calidad, eficiencia y costos. Las herramientas de análisis y soporte también han evolucionado con los esquemas adoptados.

En general, se ha buscado hacer uso de modelos para el análisis energético y la toma de decisiones; pero en la actualidad esta tendencia se ha incrementado en el sector energético para investigar la interacción entre energía, economía, políticas regulatorias, conservación, impacto ambiental, estrategias y recientemente, los impactos de la privatización Bunn y Larsen, 1997. La complejidad asociada a los sistemas energéticos es una de las causas de la necesidad de la modelación de los mismos.

El planeamiento centralizado proviene del pensamiento en la cual se tienen objetivos y metas claros, buscando una adecuada asignación de recursos. Para este esquema las herramientas tradicionalmente más utilizadas han sido la optimización y la simulación econométrica.

El uso de herramientas como las anteriores, que fueron útiles durante el planeamiento centralizado ha sido criticado. Las principales críticas se enfocan al análisis metodológico, al proceso de modelamiento, a la evaluación de estrategias y regulaciones, al análisis de la incertidumbre y a la credibilidad del modelo, entre otras Lee y otros, 1990. También se refieren a éstas Dyner y Larsen, 2001 como normativas, ya que se forzan soluciones óptimas globales; determinísticas, al no incorporar la incertidumbre de las variables; lineales, por que no representan las no linealidades en las relaciones entre variables; sistémicas, debido a que no tienen en cuenta los ajustes que realizan las componentes ante diferentes comportamientos del sistema; mecanísticas, ya que asumen un comportamiento racional en condiciones de información perfecta; y estacionarias, cuando suponen que el comportamiento futuro será como ha sido el pasado.

Adicionalmente, la complejidad y los nuevos elementos en los sistemas energéticos y en particular los sistemas eléctricos, generan nuevos requerimientos metodológicos que son un reto para las herramientas de modelamiento como modularidad, realimentación, transportabilidad, transferibilidad y manejo de incertidumbre, entre otros Dyner, 2000.

Surgen entonces nuevas herramientas alternativas y complementarias a las metodologías tradicionales. Una de ellas es el desarrollo de plataformas en Dinámica de Sistemas - DS - para el análisis energético que permite involucrar retardos y realimentación entre componentes del sistema. Esta herramienta ha sido utilizada por numerosos autores algunos ejemplos son Nail, 1992; Ford, 1997; Ford, 1999, Dyner, 1995; Bunn y Larsen, 1999, Arango, 2007

A pesar de todos los posibles cuestionamientos que pueden tener una u otra metodología, se encuentra hoy en día la aplicación de numerosas herramientas en todas partes del mundo, que incluyen modelos de optimización, de simulación, de equilibrio general, econométricos, entre otros, las cuales se muestran en Bunn y Larsen 1997, texto que recoge el modelamiento utilizado para el análisis de políticas energéticas. Esta riqueza metodológica crea la necesidad de ser muy cuidadoso al elegir la herramienta a utilizar.

MICROMUNDOS O SIMULADORES

Los micromundos o simuladores son herramientas que facilitan el aprendizaje de sus usuarios. Estas herramientas están basadas en el enfoque sistémico planteado por Senge 1993. En los micromundos se estructuran modelos que representan diversas circunstancias que se pueden presentar en la realidad, permitiendo al usuario entrenarse para “sobrevivir en el sistema representado” mediante el uso del micromundo.

Este mecanismo de aprendizaje se asemeja a los simuladores de vuelo diseñados para el entrenamiento de pilotos aéreos. En los simuladores de vuelo no se pretende pronosticar una tormenta o un daño de una turbina, sino preparar al piloto ante este tipo de eventualidades, de tal manera que pueda responder acertadamente en estas contingencias.

Se han construido ‘micromundos’ para la capacitación con el fin de prepararlos a enfrentar las situaciones propias de su actividad. Estas herramientas son ‘juegos’ en los cuales se simula el comportamiento del sistema como consecuencia de las decisiones que se toman, en donde una parte importante de la simulación es la preparación y elección de las decisiones Dyner y otros, 1998

Algunos de los micromundos más representativos son *El juego de la cerveza* Machuca y Del Pozo, 1997, *People Express* Senge y Lannon, 1992, *Oil Producers* Genta y Neville, 1996, *Restaurantes Beefeater* Langley y otros, 1996 y *Electricity Market Microworld* Vlahos, 1998. Para Colombia, y además de base para este trabajo, se desarrolló *Enerbiz – micromundo*, previamente descrito.

El uso de Micromundos permite el trabajo en grupo, el análisis de casos hipotéticos, la revaluación de los modelos mentales que se tienen acerca del sistema en cuestión, confrontación con simulaciones en computador y ahorro de costos, entre otros. El esquema de funcionamiento de los Micromundos planteado en Senge y Lannon 1992 se muestra en la Figura 1. En un sistema, una vez se toman las decisiones, estas afectan el sistema actual de manera retardada. La respuesta del sistema, se retarda de nuevo y brinda información que hace replantear los modelos mentales de las personas que interactúan en el sistema y con estos se plantean determinados objetivos y estrategias. A partir de una reflexión sobre los objetivos y estrategias y de la información obtenida del sistema, se toman decisiones que afectan retardadamente el sistema real. El papel del Micromundo es hacer un puente que muestre la información del sistema después de la toma de decisiones, haciéndolo de manera inmediata y virtual, y sin necesidad de incurrir en los costos que puede traer determinada decisión en el sistema real.

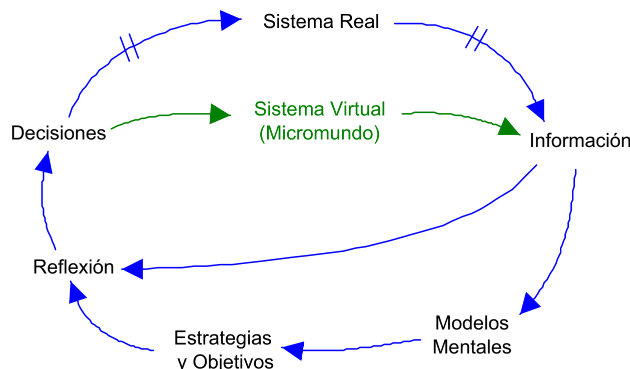


Figura 1. Micromundos en la toma de decisiones doble ciclo de aprendizaje de Argirys, 1977

DINÁMICA DE SISTEMAS

Con DS, se puede ver como se influye sobre el sistema y cuál es su respuesta ante diferentes estrategias y/o políticas. La Figura 2 muestra cómo es la representación general de un sistema y cómo es la realimentación. Dados los objetivos sobre el sistema, se formulan e implantan estrategias y/o políticas, las cuales tienen determinado efecto sobre el sistema. Dependiendo de los resultados obtenidos, se realiza una evaluación de la estrategia y/o política. Finalmente, con la evaluación y el análisis del comportamiento del sistema se puede saber que está pasando, lo que hace necesario revisar los objetivos propuestos y si se requiere, replantearlos.

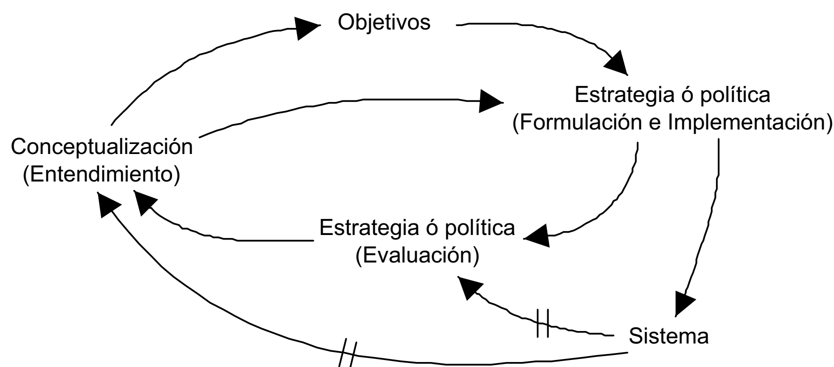


Figura 2. Representación esquemática del análisis general de un sistema Dyner, 2000

Los modelos en DS permiten estudiar el comportamiento de los sistemas a través de simulaciones. Estos modelos representan el sistema a través de ecuaciones diferenciales que incluyen componentes no lineales, y se busca entender el sistema a través de diagramas causales que muestran las relaciones causa - efecto entre las variables. Esta herramienta puede ser vista de manera detallada en Dyner 1993, Dyner *et al* 2007, Aracil y Gordillo 1997 y Sterman 2000.

Una vez identificado el problema de inversión y el ambiente de incertidumbre en el SEC, se desarrolló un micromundo para inversión en el SEC como herramienta de aprendizaje y de análisis. El uso de este micromundo ayuda a entender la evolución del mercado ante diferentes formas y criterios de inversión, además, sus funcionalidades permiten entender el entorno para realizar la inversión y cuantificar las consecuencias de las decisiones, apoyar el proceso de toma de decisiones, definir posibles estrategias de inversión en el SEC y facilitar la discusión sobre cursos de acción y sobre las decisiones tomadas.

A continuación se presentan dos casos de estudio de la aplicación de los micromundos al análisis de sistemas energéticos, el primer caso se muestra la experiencia en el desarrollo de micromundos para comercialización y negociación de energía en el mercado de electricidad mayorista colombiano y en el segundo caso se muestra una aplicación al análisis de inversiones.

3 CASO DE ESTUDIO 1: COMERCIALIZACIÓN DE ELECTRICIDAD EN COLOMBIA

La serie de micromundos llamada ENERBIZ nombre que proviene de Energy Business fue resultado de un proyecto adelantado en conjunto por el Administrador del Mercado de Energía Mayorista de Colombia y la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, se contó con la asesoría del profesor Erik Larsen.

Los micromundos desarrollados durante este proceso, el cual inició en el año 1998 y finalizó en el año 2003, son Enerbiz I, Enerbiz II y Enerbiz III. La capacitación en comercialización de energía ENERBIZ, consta de una serie de conferencias, ejercicios prácticos y sesiones de uso del micromundo, en donde el usuario asume el rol de un comercializador, inmerso en un entorno complejo e incierto, semejante al mundo real. Los participantes se rigen por las reglas del mercado, de manera tal que adquieran conocimientos básicos y destrezas para comercializar energía eléctrica.

El taller permite desarrollar técnicas de trabajo en equipo, análisis de casos y delineamiento de estrategias. Posibilita también revaluar los modelos mentales de los participantes acerca de la comercialización en el Mercado Eléctrico Mayorista.

A continuación se explica brevemente cada uno de los micromundos y posteriormente se mostrará un detalle mayor.

Enerbiz I 1998 – 2000

Enerbiz I Micromundo fue la primera versión desarrollada para capacitación de agentes del Mercado de Energía. Con este simulador, el usuario asume el rol de un comercializador de electricidad con la posibilidad de aprender los conceptos de cubrimiento en Bolsa y en contratos dentro del Mercado de Energía y conceptos básicos de administración de Riesgo.

Datos Importantes:

- Primer micromundo de comercialización de electricidad en el mundo.
- Primer micromundo desarrollado en Colombia.
- Premiado nacional e internacionalmente.
- Cuenta con versiones en Español e Inglés.

Enerbiz II 2000-2001

Enerbiz II Micromundo es una versión avanzada de Enerbiz I Con este simulador, el usuario asume el rol de un comercializador de electricidad y tiene la oportunidad de:

- Firmar contratos de electricidad
- Firmar contratos de opciones implícitas Calls y Puts
- Competir por la demanda del Mercado Regulado, a través de la modificación de su tarifa regulada.
- Invertir estratégicamente en Mercado y Servicios, Desarrollo Humano, e Innovación y Tecnología, para posicionar su compañía.
- Emplear conceptos avanzados de administración de riesgo CAPM – Capital Assstement Price Model y VaR: Value at Risk.

Enerbiz III 2001-2003

Enerbiz III Micromundo es una versión en la que el usuario tiene la posibilidad de negociar y firmar contratos con otros jugadores, todos en computadores diferentes que se comunican a través de una red local. Con este simulador, el usuario asume el rol de un agente del mercado, esto es, un generador térmico o hidráulico, un comercializador, un generador integrado con comercialización o un usuario no regulado. Los jugadores podrán:

- Seguir juegos de roles, en los que deberán desempeñar misiones.
- Negociar y firmar contratos de electricidad, incluyendo contratos de opciones implícitas.
- Competir por la demanda del Mercado Regulado, a través de la modificación de su tarifa regulada.
- Seleccionar y adaptar estilos de negociación. Manejar agendas durante las negociaciones.

Datos Importantes:

- Primer micromundo de negociación de electricidad en el mundo.
- Primer micromundo en red aplicado a comercialización de electricidad en el mundo.
- Tercer micromundo desarrollado en Colombia.
- Cuarto micromundo en red en el mundo.

3.1 ENERBIZ I

Enerbiz I esta enfocado especialmente a la capacitación organizacional de los agentes cuyo papel sea la comercialización de energía. Estos agentes requieren tomar decisiones en cuanto a la compra y venta de energía. El modelo pretende reflejar las complejidades del negocio de comercialización de energía, cuando un agente se encuentre integrado sólo se simulará la parte correspondiente a la comercializadora, asociando a ella la demanda tanto en el mercado regulado como en el no regulado.

En ENERBIZ I se pretende que los participantes en el taller comprendan conceptos fundamentales como la incertidumbre y complejidad inherente a la actividad de comercialización, la evaluación de portafolios de compra y venta de energía y los riesgos a los cuales están sujetos.

El micromundo está fundamentado en un modelo en Dinámica de Sistemas compuesto por varios módulos independientes, conectados entre sí.

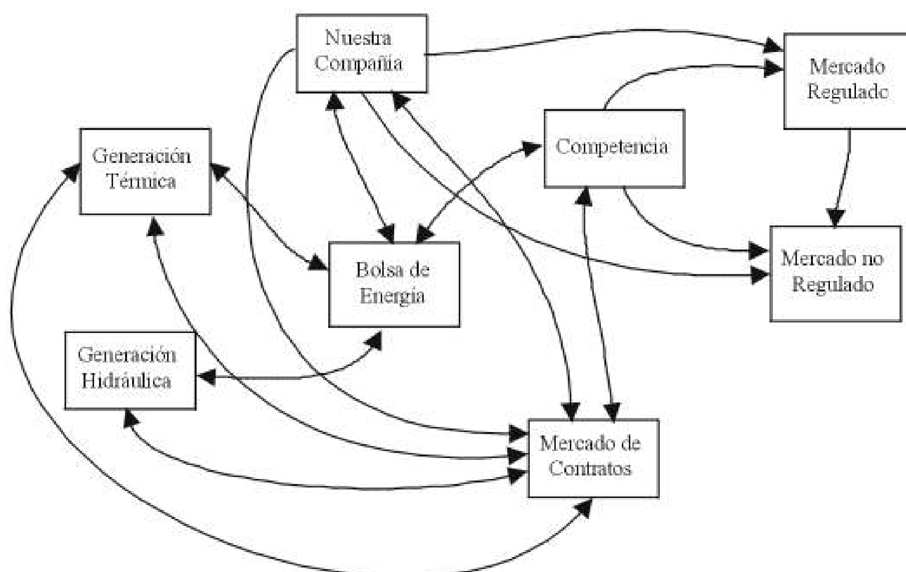


Figura 3. Componentes principales del micromundo.

En la Figura 3 se observan los principales componentes del micromundo y la interacción entre ellos. Se modela la evolución de la disponibilidad de energía a través del embalse ofertable agregado, el cual influye sobre la formación del precio de Bolsa y de los precios de contratos. Se tienen en cuenta la interacción entre el comercializador simulado y la competencia, la cual se modela de manera agregada, también se tiene en cuenta la participación de ellos en los mercados No Regulado y Regulado paga precio fijo por la electricidad. De esta manera se configura el mercado global de energía.

Debido a que en el mercado colombiano existen dos formas de transar energía, a corto plazo a través de la Bolsa o a largo plazo a través de contratos, los precios de la energía en estos dos mercados son módulos importantes para la estructuración del modelo. Además, la evolución de los precios de estas dos modalidades permite configurar un complejo ciclo de realimentación que da cuenta del desempeño económico de un comercializador en el mercado, tal como lo muestra la Figura 4. Es de especial interés observar el ciclo del precio de Bolsa y el precio de los contratos, ya que, debido a la configuración del sistema colombiano, una variación en el primero repercute en los niveles de contratación, los cuales, en última instancia, crean una variación retardada en los precios de contratos. También se pueden observar los ciclos que

relacionan las variables de gestión en Bolsa y en contratos, allí se puede observar como los niveles de contratación, definidos por la estrategia del comercializador, y de alguna manera, por la regulación vigente, además de las variaciones de los precios en los dos mercados, determinan la gestión económica del comercializador. Este sencillo diagrama causal muestra la complejidad inherente al negocio de comercialización.

El modelo considera un módulo de evolución de la demanda y la manera como ella es abastecida por el comercializador simulado y la competencia. También se tiene en cuenta la evolución de los contratos de energía, la liquidación de las transacciones del comercializador simulado, entre otros. A continuación se observan en detalle cada uno de los módulos que configuran el modelo.

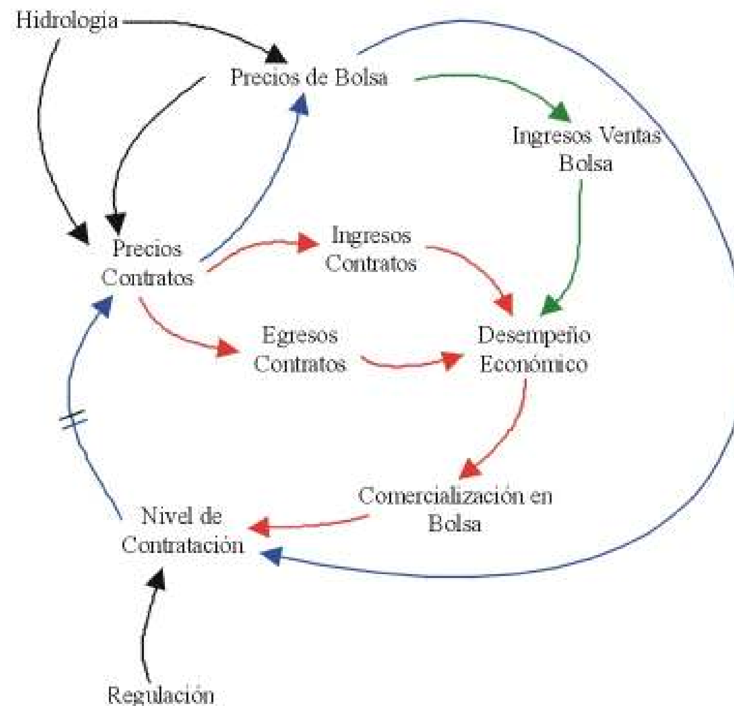


Figura 4. Diagrama causal del negocio de comercialización.

Precio de Bolsa: Este módulo permite generar el precio de Bolsa, a partir del modelamiento del comportamiento hidrológico del país, incluyendo una aproximación de la ocurrencia del fenómeno ENSO El Niño - Southern Oscillation debido a su importancia sobre el Sector Eléctrico Colombiano. La variable que determina el precio de Bolsa es el embalse ofertable, el cual se ve afectado por la hidrología y la generación de energía, la cual es función de la demanda.

El ENSO es un fenómeno que se da como resultado de la interacción entre el océano y la atmósfera sobre el Pacífico tropical. En ENERBIZ se intentan modelar los rasgos fundamentales del ENSO, los cuales pueden ser reproducidos con un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias acopladas de baja dimensionalidad Vallis, 1986. El modelo que se presenta difiere de otros en el sentido que éste no necesita variaciones forzadas de carácter estocástico o estacional para producir la aperiodicidad, ni dinámica de ondas explícita para explicar las escalas de tiempo, ni influencias de latitudes medias para explicar las variaciones en la intensidad.

Como se ha mencionado, este es un modelo que permite representar de manera muy simplificada las características del fenómeno ENSO. Es claro que se pueden elaborar modelos

más complejos y comparar su comportamiento con este. A partir de dicho modelo simplificado se crearon varias hidrologías, las cuales se pueden seleccionar en el Micromundo, con el fin de mostrar diversas ocurrencias hidrológicas y preparar a los agentes para un desempeño adecuado bajo distintas condiciones.

Precio de Mercado: El objetivo de este módulo es definir los precios a los cuales el mercado ofrece los diferentes tipos de contratos. Los tipos de contratos considerados en el micromundo son los contratos pague lo demandado con tope y pague lo contratado. Estos contratos se pueden realizar a 3 meses, un año y tres años. El micromundo permite utilizar dos aproximaciones para la formación del precio. La primera consiste en reflejar los comportamientos del mercado a partir de los datos históricos utilizando análisis estadísticos de la información, esta es la aproximación utilizada en el modelo. La segunda, consiste en utilizar el modelo de Black y Scholes para calcular estos precios. En la Figura 5 se pueden observar las variables que se tienen en cuenta para modelar los precios a los cuales el mercado ofrece los diferentes tipos de contratos. En esta figura también se puede observar como la hidrología posee influencia sobre la determinación de los precios de energía a través de los contratos de largo plazo.

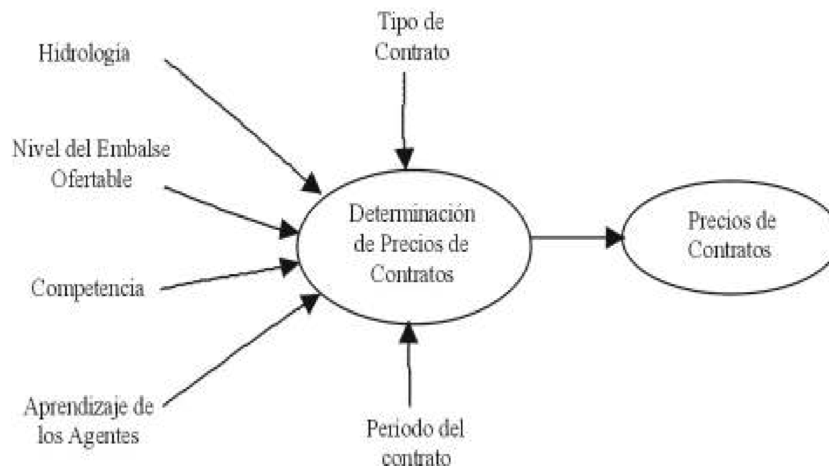


Figura 5. Variables que afectan la evolución del precio de los contratos.

Demanda de energía: Este módulo maneja el crecimiento de la demanda de energía y la forma en que ésta se va incrementando en el Mercado no Regulado, según la Regulación actual. También se tiene en cuenta la demanda entre agentes, la cual es consecuencia de la actividad de la intermediación en el mercado mayorista. En cada período de tiempo se define la cantidad de energía que está disponible en el mercado y por la cual se va a competir.

Condiciones iniciales: Este módulo define el tipo de empresa a partir de las características que el usuario defina al comenzar el juego para determinar su papel en el mercado. Debido al enfoque del micromundo en el negocio de la comercialización el usuario define la magnitud de demanda regulada que posee. El usuario también define algunas características del sistema como el comportamiento de la hidrología, la evolución de la demanda, el nivel de contratación inicial, entre otras.

Selección del Mercado: Este módulo establece las cantidades de energía que el Mercado No Regulado y los agentes del mercado mayorista le compran al agente simulado y al resto del mercado. Estos porcentajes se toman sobre la demanda libre de dicho mercado en cada período. La selección se hace utilizando un modelo de selección discreta conocido como Logit, teniendo como parámetros de selección el precio de energía y la inversión en mercadeo, la cual, en última instancia, repercute en el precio que percibe el consumidor, siendo éste menor que el precio inicialmente propuesto por el comercializador simulado.

Niveles de contratación: Este módulo permite el manejo de las diferentes cantidades de energía pactadas en los diferentes tipos de contratos para la comercializadora simulada, además maneja los balances de compra y venta de energía.

Liquidación: A través de este módulo se realiza la liquidación económica del agente simulado. Tal liquidación tiene en cuenta las decisiones que él haya tomado en cada período y las refleja en su desempeño financiero. Éste módulo permite mostrar algunos indicadores de la gestión del agente simulado tales como el porcentaje de mercado cubierto y el precio medio al que está adquiriendo la energía, entre otros.

Presentación de Resultados: Le permite al usuario visualizar, en cada paso, como va evolucionando el sistema a través de informes que contienen gráficas y tablas. Estos informes se agrupan, según su tipo en informes financieros, operativos y de posicionamiento, los cuales presentan la información de la comercializadora simulada tal como las utilidades netas y acumuladas, la evolución de las ventas y compras de acuerdo al tipo y término del contrato, además se presenta el porcentaje de mercado de la compañía de acuerdo con demanda cubierta. También se tiene un grupo de informes que presentan la evolución de las variables del sistema, tales como el embalse ofertable, los precios de Bolsa y de contratos.

Para la validación de los módulos se utilizaron datos provenientes del mercado de energía en Colombia, a partir de ellos se obtuvieron las relaciones entre las principales variables. Se utilizó la evolución del embalse ofertable y el precio de Bolsa para obtener el último a partir de la evolución del primero. También se utilizaron los precios medios de contratos, según su tipo, para determinar la relación entre estos y otras variables físicas y económicas, se obtuvieron aproximaciones de los precios de los contratos a partir del embalse ofertable, la hidrología, el aprendizaje y la competencia en el mercado.

Especificaciones funcionales

Como se ha mencionado en la sección anterior, el micromundo es una herramienta de aprendizaje enfocada al negocio de comercialización de energía eléctrica en el Mercado de Energía Mayorista de Colombia. Para cumplir con dicho fin, debe poseer funciones que permitan al usuario manejarlo de manera rápida y clara, dándole completo control e información sobre el sistema simulado, creando con ello un entorno de aprendizaje adecuado y dinámico. Tales funciones se encuentran debidamente organizadas a través de un menú principal, el cual agrupa según su objetivo cada una de las funciones.

Funciones Generales: Este grupo de funciones se puede encontrar en la opción del menú principal llamada Archivo, estas funciones son Salir y Avanzadas. La función de avanzadas permite al usuario definir el crecimiento de la demanda regulada y no regulada, la cantidad de demanda regulada que posee y el tipo de hidrología con que hacer la simulación. Estas funcionalidades se muestran en la Figura 6.



Figura 6. Condiciones avanzadas de ENERBIZ - Micromundo

Funciones Específicas: Estas funciones hacen referencia a aquellas que son propias del micromundo tales como Control de la Simulación que define, entre otros, el paso de simulación, el cual es de tres meses, el tiempo a simular de 10 años. El usuario puede tomar decisiones cada tres meses. En esta primera etapa tanto el paso de la simulación como el tiempo a simular son fijos y el usuario no podrá modificarlos durante el juego. La decisión de paso trimestral se sustenta en el comportamiento hidrológico del país, el cual posee estacionalidad trimestral a lo largo de todo el año. Además, presenta fenómenos climatológicos extremos, con un período de recurrencia aproximado de tres a seis años. También permite la posibilidad de finalizar la simulación de un escenario y comenzar con otro nuevo.

Otro grupo de funciones específicas está conformado por las *Decisiones Periódicas* que el usuario puede tomar, éstas son de tres tipos, en primer lugar, la decisión relativa al porcentaje sobre las ventas totales que la compañía invertirá en mercadeo, dicha inversión repercutirá en el precio percibido por el mercado no regulado al momento de tomar su decisión de compra, en segundo lugar están las decisiones sobre las ventas de energía, a través de esta opción el usuario podrá definir los precios, en $/kWh, a los cuales ofrece su energía mediante contratos y la cantidad máxima en potencia MW, que está dispuesto a vender, para los contratos tipo pague lo demandado, este valor corresponde al tope para ese tipo de contratos; y en tercer lugar están las decisiones sobre compras de energía, con esta opción el usuario podrá definir las cantidades de energía que le va a comprar al mercado. De igual manera que para las ventas, los valores para los contratos tipo pague lo demandado corresponden a los topes de energía a comprar con este tipo de contratos. Todas las decisiones trimestrales de comercialización se aprecian en la Figura 7.

El último grupo de funciones esta conformado por los *Reportes*, los cuales le permiten al usuario visualizar, en cada paso, cómo va evolucionando su compañía y el sistema. Éstos se agrupan en reportes gráficos y reportes tabulares. Los reportes, tanto gráficos como tabulares se agrupan en financieros, operativos, de posicionamiento y del sistema.

Decisiones del Trimestre

Compras
Pague lo Contratado
Cantidad (MW)
3 Meses
12 Meses
36 Meses
Pague lo Demandado
Tope (MW)
3 Meses
12 Meses
36 Meses

Ventas
Pague lo Contratado
Ofertar
Cantidad (MW)
Precio ($/kWh)
3 Meses
12 Meses
36 Meses
Pague lo Demandado
Ofertar
Tope (MW)
Precio ($/kWh)
3 Meses
12 Meses
36 Meses

Precios del Mercado
Pague lo Contratado $/kWh
3 Meses 62.51
12 Meses 60.46
36 Meses 52.75
Pague lo Demandado
3 Meses 67.26
12 Meses 63.75
36 Meses 61.34
Precio de Bolsa
Precio de Bolsa Trimestre Anterior 71.51

Exposición a Bolsa
Compras: 0.00 (MW)
Ventas: 0.00 (MW)

Mercadeo
Inversión en Mercadeo: (Porcentaje de las Ventas) 0

Aceptar
Cancelar

Indica el precio del mercado en $/kWh de los contratos tipo PD con vencimiento en 3 meses, para este trimestre

Figura 7. Pantalla de decisiones periódicas.

Funciones de Ayuda al Usuario: Este grupo de funciones le permite al usuario realimentarse durante el juego y al final de éste, de tal manera que puede adquirir y/o reforzar los conocimientos básicos del mercado de comercialización. Estas ayudas son los Mecanismos de Retroalimentación al Usuario, que son todos los elementos que informan al usuario su desempeño en la simulación, estos son los reportes gráficas y tablas y los mensajes basados en el desempeño del usuario; además de los Diagramas Causales, que permiten al usuario entender el funcionamiento del sistema que se simula. También podrá conocer la definición de las variables que intervienen en este y su relación con las demás. De esta manera el usuario podrá observar cuales son las interacciones entre las variables y la forma en que éstas afectan su desempeño, cumpliendo así con su labor de enseñanza. Una muestra del entorno gráfico y tabular de ENERBIZ-I se muestra en la Figura 8.

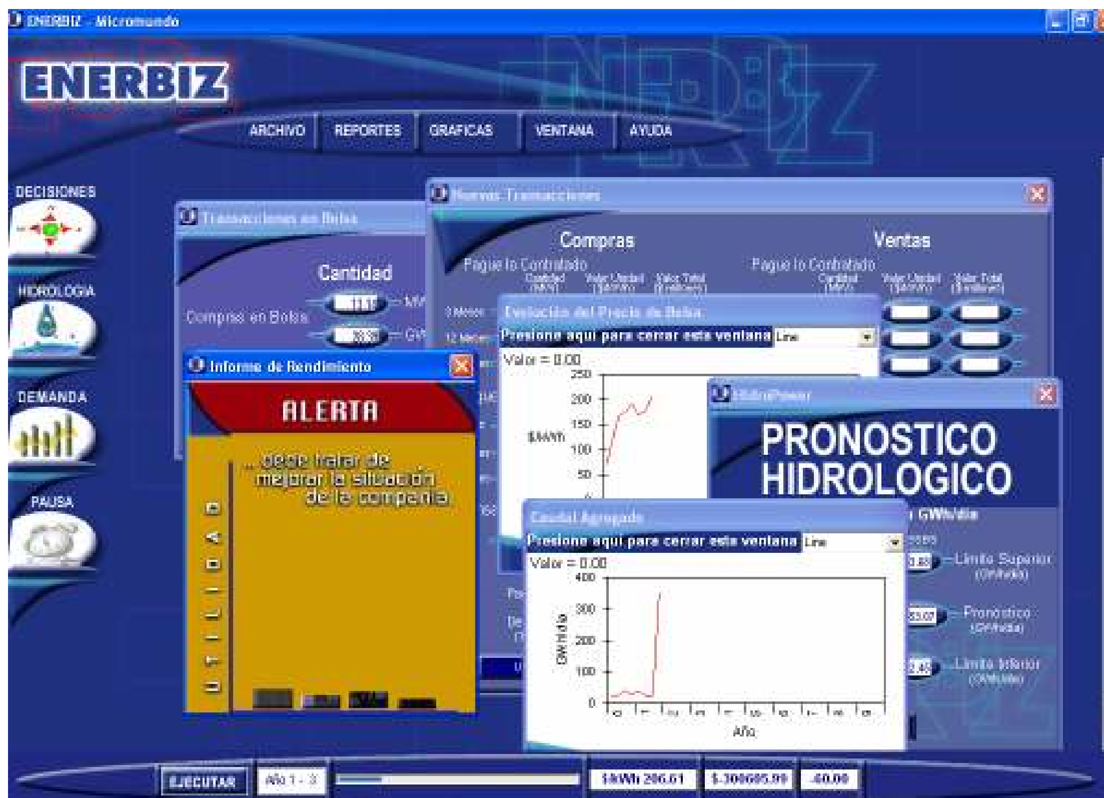


Figura 8. Funcionalidad gráfico y de reportes de ENERBIZ - Micromundo

En los mercados competitivos, tal como en la comercialización de energía eléctrica, uno de los activos más importantes para agregar valor a las empresas es el conocimiento; la construcción de éste requiere tiempo, dinero y esfuerzo por parte de la organización ENERBIZ I es una herramienta que permite ahorrar dichos recursos para la obtención de dicho conocimiento.

En cuanto a innovación y estrategias de mercado, la comercialización es una de las actividades que más exige preparación técnica. En Colombia, los comercializadores necesitan estar en continuo mejoramiento de sus estrategias dada la alta competencia que se presenta en esta actividad. Esto les obliga a buscar nuevos servicios y productos que les permita aprender y conocer mejor el mercado de energía eléctrica. Algunas de estas necesidades pueden ser suplidas mediante una capacitación que les permita ser más competitivos y estar preparados para tener éxito continuo en la comercialización de la energía eléctrica.

3.2 ENERBIZ II

ENERBIZ I significó una primera aproximación a la enseñanza de los conceptos básicos sobre estrategia y manejo de riesgo. Ante la necesidad de profundizar en estos conceptos se desarrolló ENERBIZ II enfocado a la presentación de los conceptos de estrategia y manejo y cuantificación de riesgo en la comercialización de energía. En esta sección se presentan algunas de sus características más importantes, haciendo énfasis en los conceptos y módulos desarrollados.

La interfaz de ENERBIZ II permite al usuario tomar una serie de decisiones, y presenta una gran variedad de reportes gráficos y tabulares. Dicha interfaz pretende dar un entorno amigable, en el cual el aprendiz pueda desarrollar sus técnicas de comercialización de energía haciendo

énfasis en las estrategias a nivel de negocios y el manejo de riesgo. La Figura 9 muestra dos de las ventanas de decisión de ENERBIZ II y la Figura 10 algunos reportes.



Figura 9.   Algunas ventanas de decisión de ENERBIZ II.

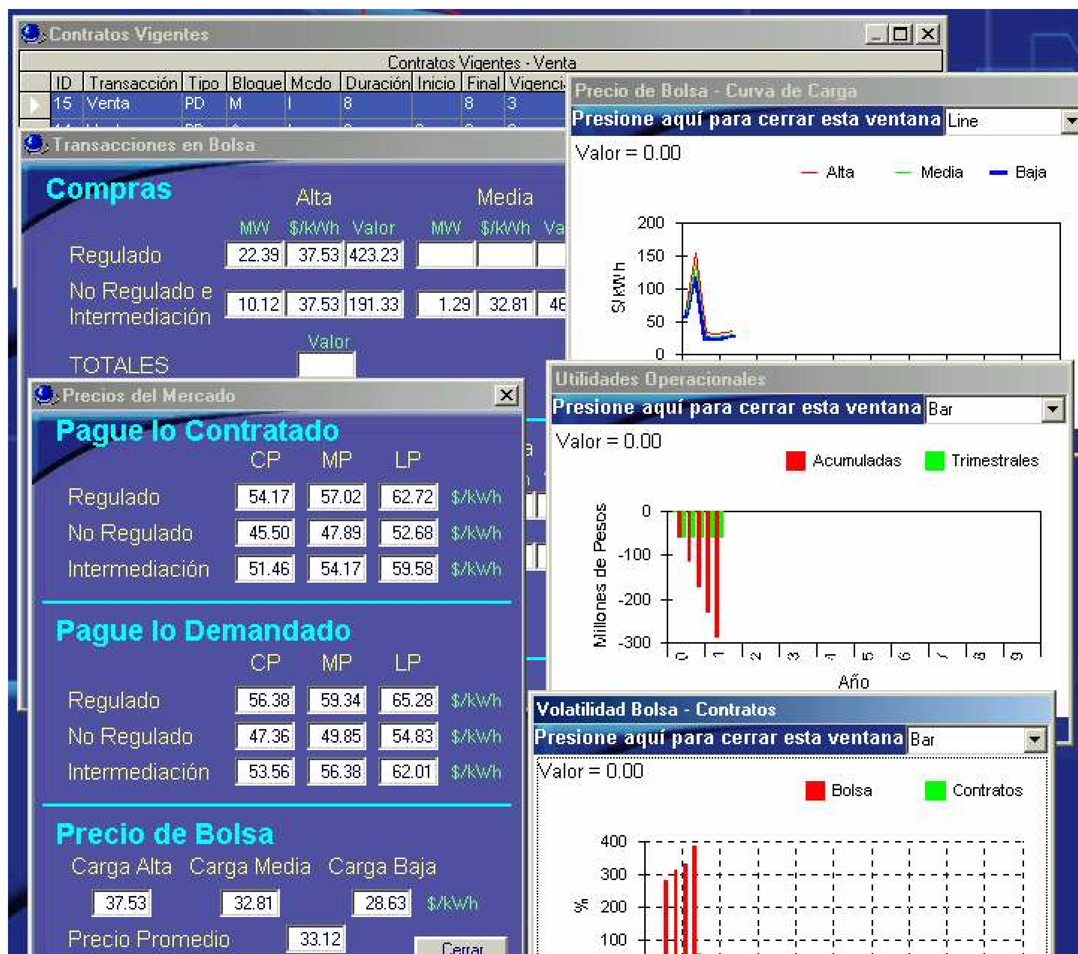


Figura 10. Reportes gráficos y tabulares de ENERBIZ II.

ENERBIZ II pretende enseñar algunos conceptos básicos sobre estrategia y manejo de riesgo aplicado al negocio de comercialización de energía. Algunos conceptos básicos son presentados y practicados a través de talleres usando el micromundo desarrollado.

En ENERBIZ II, se presentan en mayor profundidad las decisiones que se pueden tomar en una compañía. El aprendiz puede tomar más decisiones que las que podía tomar en ENERBIZ I. Se refleja de manera más detallada el mercado, en aspectos tales como las posibilidades de contratación y de inversión. ENERBIZ II da la posibilidad de administrar el riesgo usando teoría de portafolios y cuantificarlo a través del uso del VaR. A continuación se explican estos nuevos conceptos.

ESTRATEGIA

En un ambiente de competencia, de un mercado naciente e incierto como lo es el mercado eléctrico colombiano, en el que existe un gran número de empresas dedicadas a la comercialización de energía, se hace necesario desarrollar ventajas competitivas para obtener una buena posición en el mercado y un desempeño superior al de la competencia. Estas ventajas se desarrollan a través de la implementación de estrategias y el planteamiento de unos objetivos claros para la compañía. Estas estrategias deben ser dinámicas para adaptarse a los cambios del mercado y mantener la competitividad de la compañía en el tiempo.

ENERBIZ II puede ser usado como soporte para la enseñanza de estrategia. También pretende facilitar la práctica y el aprendizaje de los conceptos básicos de la administración estratégica, a

través de la interacción con el Micromundo. En ENERBIZ II, una compañía comercializadora alcanza una ventaja competitiva sostenible a través de la creación y administración de una base de recursos y capacidades, realizando inversiones en tres áreas estratégicas: Innovación y Tecnología, Desarrollo Humano y Mercadeo y Servicios.

El balance de las proporciones de inversión en cada una de estas áreas es de vital importancia para alcanzar un desarrollo sostenible de la compañía y cumplir los objetivos y metas, expresados en términos de rentabilidad, utilidades, participación en el mercado y posicionamiento estratégico de la compañía simulada. Cuando en una empresa se destinan todos los fondos disponibles a realizar inversiones en una sola de estas áreas, Innovación y Tecnología por ejemplo, es posible que no se observe un mejoramiento sostenible de la rentabilidad o del nivel de ventas de la compañía, ya que es necesario que las personas que trabajan en la organización comprendan y apliquen las nuevas tecnologías a través de una inversión en Desarrollo Humano en ENERBIZ II, y que el cliente perciba los avances tecnológicos y la innovación en el producto o servicio a través de una inversión en Mercadeo y Servicio, para poder alcanzar un mejoramiento real y duradero.

ENERBIZ II pretende ilustrar estas situaciones, específicamente en el negocio de comercialización de energía. Allí el usuario puede tomar decisiones de inversión en estas áreas, con lo cual desarrollará ventajas competitivas Figura 11; y puede decidir las estrategias genéricas y la posición que desea alcanzar en el mercado: Liderazgo en Costos, Diferenciación, Alta Segmentación. El resultado puede ser observado a través de los niveles de ventas, y las utilidades obtenidas en cada período, además de una serie de indicadores estratégicos disponibles para su consulta.

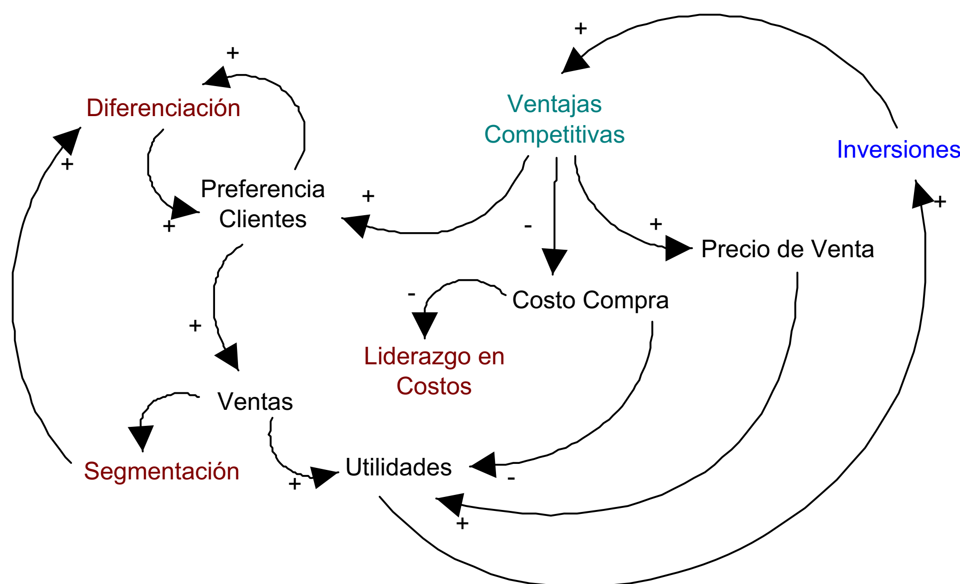


Figura 11. Estrategia en el Micromundo ENERBIZ II.

RIESGO EN LA COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA

La comercialización de energía plantea nuevos riesgos, pero también ofrece muchas posibilidades. En Colombia, la hidrología juega un papel importante en la variabilidad que presentan los precios de la electricidad, debido a esto, la administración y valoración del riesgo se configuran como herramientas útiles para la comercialización en Colombia.

ENERBIZ II pretende enseñar algunos conceptos básicos sobre administración y valoración del riesgo usando el planteamiento del doble ciclo de aprendizaje Argirys, 1977. Los principales conceptos presentados son los de administración del riesgo a través de la teoría de portafolios y la valoración del riesgo usando el VaR, ambos aplicados a la comercialización de energía.

La teoría de portafolios eficientes desarrollada por Markowitz 1952, ahora es una herramienta aplicada para el manejo del riesgo en los mercados financieros. Esta teoría pretende tomar ventaja de las diferentes características de los activos financieros para minimizar el riesgo de la inversión para un valor dado de la rentabilidad Elton y Gruber, 1995. El concepto fundamental que soporta esta teoría es el principio de la diversificación, el cual consiste en seleccionar un portafolio con varios activos que no covaríen i.e. que no respondan a las señales del mercado en igual o similar forma a fin de minimizar el riesgo asociado a activos con rentabilidades altas y compensar las bajas rentabilidades de los activos con niveles de riesgo bajo Brealey y Meyers, 1996. No obstante, si bien se minimiza el riesgo, éste no se puede eliminar totalmente. En un portafolio eficientemente diversificado aún permanece el riesgo del mercado. Se puede entonces plantear que el riesgo del portafolio mencionado depende del riesgo de mercado de los activos incluidos en él. Este riesgo también es conocido como riesgo sistemático.

Por otro lado, el VaR es una importante medida de la exposición al riesgo de un portafolio de activos dado, a los diferentes riesgos inherentes al entorno financiero. Esta herramienta ha sido sujeto de estudio en años recientes como parte de la búsqueda de métodos aceptables para la cuantificación del riesgo. En nuestros días ha llegado a ser una importante herramienta para la administración del riesgo y parte integral de los mecanismos de regulación en los mercados financieros mundiales Fusaro, 1995.

El VaR de un portafolio de inversión es la mínima pérdida esperada para un horizonte temporal y nivel de confianza determinados, expresado en una moneda de referencia específica Blanco y Garman, 1998. Por ejemplo, si el VaR a un día de una cartera es de 10 millones de pesos con un nivel de confianza del 95%, entonces existe una probabilidad del 5% que las pérdidas de la cartera en las próximas 24 horas sean superiores a los 10 millones de pesos.

El micromundo pretende dar los conceptos que permiten a los aprendices adquirir los conceptos básicos sobre teoría de portafolio para administrar el riesgo en mercados volátiles y el concepto del VaR para cuantificarlo. Este conocimiento les permite mejorar su desempeño en el mercado eléctrico colombiano.

Hay cuatro pasos a través de los cuales es factible adquirir los conceptos de administración y valoración del riesgo, los cuales se muestran en la Figura 5 y se explican a continuación.

- El análisis del mercado a través de la identificación de los activos disponibles riesgo – rentabilidad y de la posición del aprendiz frente al riesgo, dada por sus modelos mentales, para configurar los escenarios a ser analizados.

- A partir de la definición de los escenarios se establecen las estrategias y los objetivos a ser alcanzados, a su vez éstos definen las decisiones que el aprendiz lleva a cabo.

- Una vez se ejecutan las decisiones, ENERBIZ II presenta sus resultados, los cuales permiten, a través de un proceso de realimentación, reforzar o reestructurar los esquemas mentales que el aprendiz puede tener sobre los conceptos presentados manejo y valoración del riesgo.

- Mediante la búsqueda de respuestas a las preguntas planteadas en la etapa anterior, se configura el nuevo escenario, repitiéndose el ciclo, el cual es una modificación del ciclo planteado por Senge e Isaacs 1992, en el cual se puede ver como a partir de los esquemas mentales modificados por la experiencia y teniendo en cuenta el comportamiento del

mercado simulado, el aprendiz puede plantear escenarios de su interés para evaluar la validez de dichos esquemas, tal y como se observa en la Figura 12.

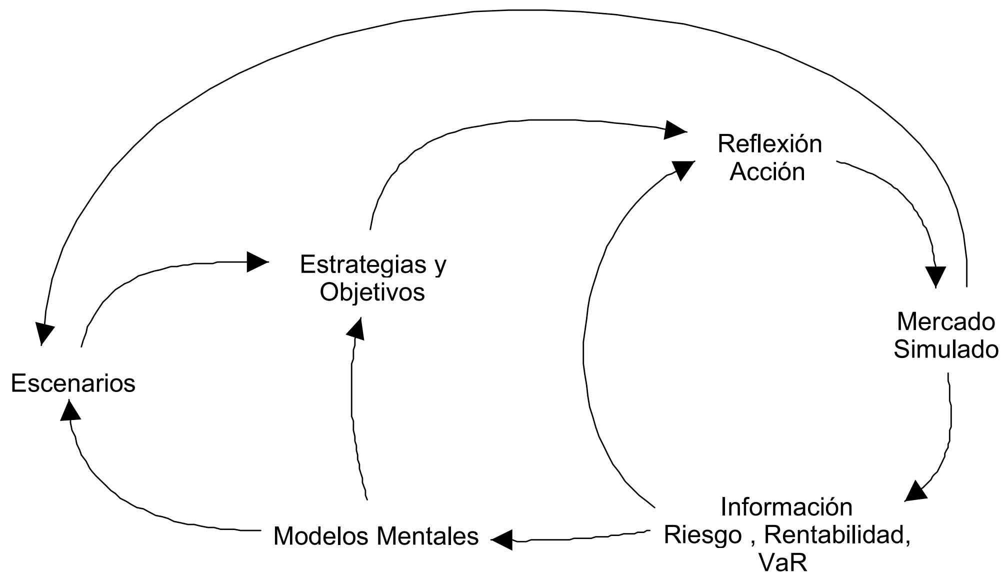


Figura 12. Administración y cuantificación del riesgo en el Micromundo.

ENERBIZ II ha sido utilizado en talleres en donde los conceptos de comercialización de energía, estrategia y administración del riesgo para el Mercado de electricidad en Colombia han sido incluidos. Su módulo de manejo del riesgo permite al usuario no sólo entender la estructura y dinámica del mercado sino también adquirir técnicas específicas para manejar la incertidumbre y el riesgo propios del mercado de energía, mientras que el módulo de estrategia le permite al usuario practicar los conceptos básicos y observar el resultado de sus decisiones de inversión en un entorno de mercado como el del sector eléctrico colombiano.

3.3 ENERBIZ III

Enerbiz III comparte algunos de los fundamentos de los anteriores micromundos Enerbiz I y II. Sin embargo, para plasmar el realismo de la actividad de negociación, Enerbiz III es una herramienta multiusuario, en la que los jugadores toman roles específicos y comercializan electricidad.

Dos aspectos deben considerarse para lograr una herramienta de tipo multiusuario: La complejidad y el desempeño de este tipo de herramientas. A continuación se desarrollan cada uno de estos temas. Finalmente, se explica a mayor profundidad el micromundo y cada uno de sus módulos.

Características del Micromundo

Los simuladores, específicamente, los de tipo participativo, juegan un papel importante en los procesos de capacitación, aprendizaje y toma de decisiones. El esquema de un micromundo monousuario, del estilo de los anteriores micromundos Enerbiz, debe modificarse para ajustarse a los procesos de negociación reales y al contenido del taller. La nueva herramienta participativa no simulará la racionalidad o algunos de los comportamientos de los agentes comprometidos en un proceso de negociación.

El micromundo Enerbiz III, como herramienta para la capacitación en Negociación, Teoría de Juegos y Rivalidad, es una herramienta flexible que se adapta a los propósitos de cada una de las charlas y que permite un avance hacia la complejidad de las interacciones entre los agentes negociadores.

Partiendo de lo simple, con un número reducido de jugadores, pueden entregarse misiones específicas a los jugadores, las cuales deben cumplirse en lapsos de tiempo predefinidos, y definen el perfil de la empresa de la cual cada jugador se hará cargo, es decir, cada misión combina elementos tales como Tipo de compañía comercializadora o usuario no regulado y Metas de rentabilidad y reputación.

Enfrentándose a cada una de estas misiones, el jugador podrá ir conociendo sus habilidades propias como negociador e ir identificando las habilidades de los otros jugadores.

Respecto a los aspectos tecnológicos del micromundo, el centro del desarrollo tecnológico de éste es el manejo de múltiples usuarios a través de una red LAN. No requiere la disposición de servidores especiales para su ejecución, solamente de estaciones cuyas redes estén habilitadas para la ubicación de otros equipos en la red.

Este micromundo se divide en dos aplicaciones diferentes: La aplicación que debe ubicarse en cada estación de trabajo, y una aplicación que debe ubicarse en una única estación de trabajo que será llamada "servidor" para fines explicativos. La descripción de la estructura del juego se plantea en la Tabla 1.

Tabla 1. Estructura propuesta para el Micromundo.

Una aplicación ubicada en un *servidor* que representa el controlador del Mercado. Se caracteriza por: • Acceso restringido con contraseña de inicio. • Configuración y control del modelo de simulación de hidrología. • Registra los jugadores. • Registra cada una de las operaciones realizadas por los jugadores. • Al final de cada período, liquida los contratos, subastas y demás mecanismos de negociación. • Emite facturas a los usuarios.	Una aplicación local ubicada en cada estación de trabajo, que se conecta a la aplicación principal mediante una red local. Se caracteriza por: • Descarga datos de la aplicación principal. • Control del perfil del jugador debe incluir un modelo de simulación que califique la reputación del jugador. • Control de la agenda de negociación para cada negociación que se inicie. • Permite la desconexión de los usuarios y la reconexión a la aplicación principal. • Transmisión de texto e imagen / voz.

Descripción del Micromundo.

Como se anticipó, Enerbiz III se compone de dos aplicaciones: Una aplicación para el administrador y otra para los usuarios. A continuación, se hará una descripción de cada una de las aplicaciones y el contenido.

Aplicación para Administrador

Esta aplicación funciona de manera similar al funcionamiento del mercado eléctrico colombiano. El administrador del juego debe ingresar con contraseña como se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Verificación de la contraseña.

Una vez verificada la contraseña, el administrador define las condiciones de tiempo para la toma de decisión por parte de los agentes. Con la posibilidad de jugarse un número determinado de períodos máximo 40 períodos, el administrador determina cuánto es el tiempo máximo en minutos que transcurre entre período y período. También, tiene la opción de seleccionar entre tres escenarios hidrológicos, Véase Figura 14.

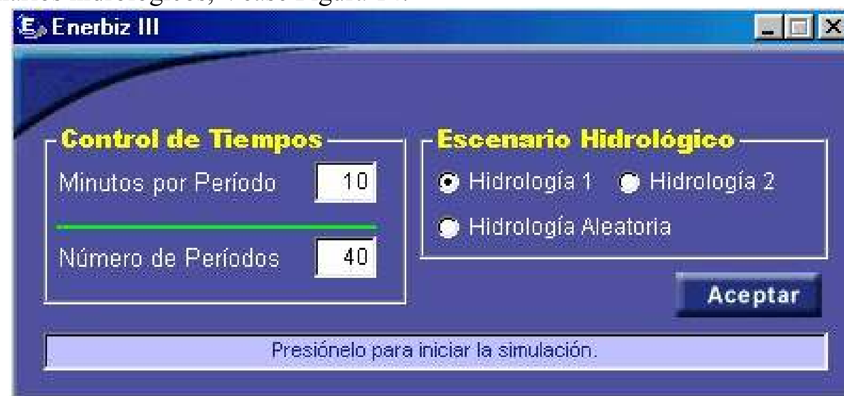


Figura 14. Opciones para el Juego.

Una vez determinados los valores de tiempos e hidrología, al presionar el botón *Aceptar*, se iniciará un modelo de simulación hidrológico, similar al modelo utilizado en Enerbiz I y II. Los valores que arroja el simulador se almacenan en una base de datos, para permitir que los datos que se muestran en todas las interfaces de lo jugadores sean los mismos precio de bolsa, pronósticos hidrológicos, demanda, etc..

Uno de los avances importantes de Enerbiz II fue la introducción de las franjas de carga. El objetivo era aumentar la complejidad en la toma de las decisiones y permitir que los usuarios la utilizaran para segmentarse, como parte de la capacitación en Estrategia. Enerbiz III retoma el esquema de precio de Bolsa promedio, al igual que Enerbiz I, dado que las decisiones para Enerbiz III se han hecho más complejas puesto que además de las condiciones de los contratos, ahora puede seleccionarse el comprador o vendedor de entre un grupo de jugadores.

La aplicación de administrador, una vez iniciada la ejecución del modelo de simulación, permitirá que se verifiquen los usuarios conectados al sistema, precios de bolsa, etc. Véase Figura 15.

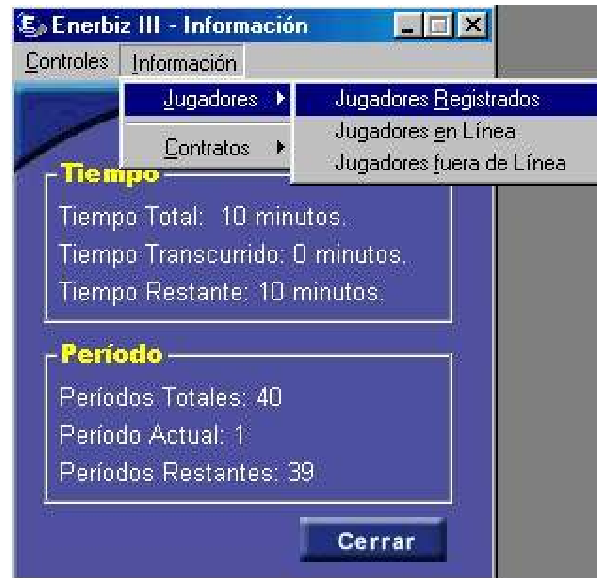


Figura 15. Aplicación en el *servidor*.

Una vez transcurrido un paso de simulación o período, la aplicación lleva a cabo internamente la liquidación de contratos de compra y venta para dada uno de los jugadores. Las interfaces de los jugadores están conectadas a esta aplicación, así que una vez transcurrido un período en la aplicación del *servidor*, las demás interfaces avanzarán un período.

Interfaz de Usuario
Esta aplicación consta de una interfaz, una base de datos y un modelo de simulación. La interfaz Figura 16 es similar a las interfaces de Enerbiz I y II, resultando familiar para los usuarios de estas herramientas. Las opciones sin embargo son diferentes; aquí los usuarios no tendrán que avanzar los períodos, y tienen la opción de mirar las ofertas públicas de contratos; consultar los jugadores registrados y comunicarse con ellos; consultar estudios hidrológicos, de demanda y de la competencia; consultar mensajes enviados por otros jugadores.

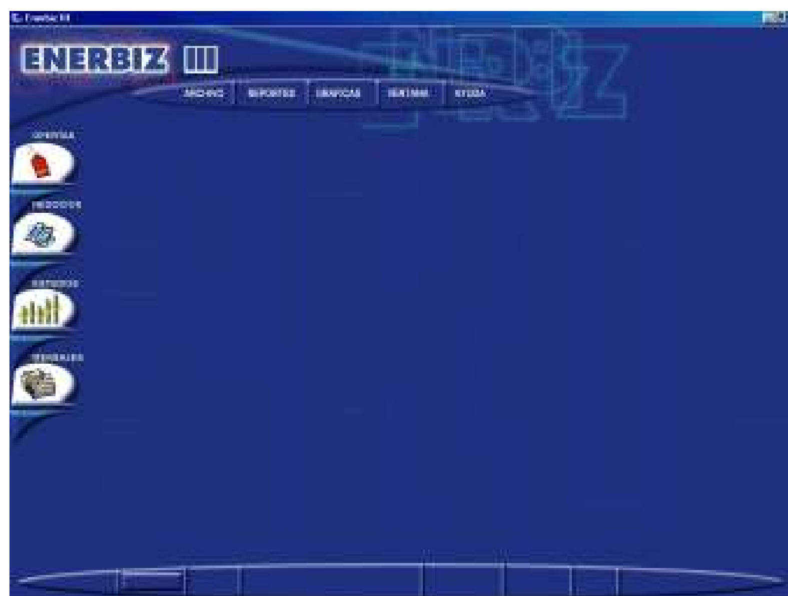


Figura 16. Aplicación en la estación de trabajo sin conexión activa.

A continuación, se describen los módulos que conforman el micromundo.

Modulo de Registro de Usuarios

Al iniciarse por primera vez la aplicación, el usuario deberá conectarse a la aplicación central, que es en otras palabras la ubicación de la base de datos del administrador mediante un explorador propio del micromundo Véase Figura 17.

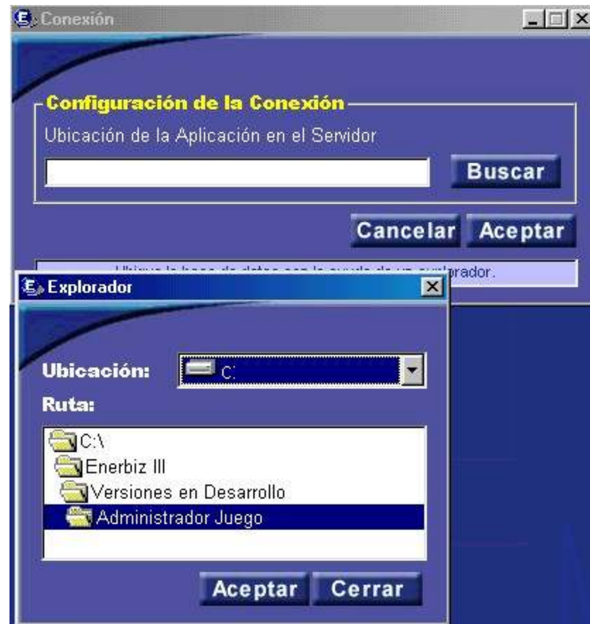


Figura 17. Conexión al *servidor.*

Una vez conectado al servidor, la interfaz actualiza todos los valores de tiempos, precios de Bolsa, etc., como puede verse en la Figura 18. El jugador debe seleccionar el modo de juego Figura 19:

- Sin Misión: Como opción a los usuarios que adquieran el producto para uso dentro de las compañías. Los jugadores podrán seleccionar qué tipo de empresa desean representar y qué metas desean alcanzar.
- Con Misión: Las misiones permiten ser aplicadas en determinados momentos de la capacitación. Cuando los jugadores juegan con misiones, se limita el tipo de empresa y las metas que deben alcanzar.



Figura 18. Imagen de la aplicación en la estación con conexión activa.



Figura 19. Configuración de la forma de juego.

El siguiente paso consiste en el registro del jugador ante el mercado Figura 20. Aquí, los jugadores seleccionarán el tipo de empresa que representarán Generador, Generador – Comercializador, Usuario No Regulado, Comercializador puro, el nombre de la compañía y del representante o jugador, y las metas dentro del juego. Esta información es guardada en la base de datos del *servidor*.
Una vez registrado el jugador, podrá iniciar la actividad de comercialización de electricidad. El módulo de negociación se describe a continuación.

Módulo de Negociación
La negociación dentro del micromundo puede hacerse de dos maneras básicamente:

- Ofertas públicas.
- Ofertas privadas.

Figura 20. Menú Archivo. Selección del perfil del jugador y empresa.

Las ofertas públicas son necesidades manifiestas a todos los usuarios. Se registran en una base de datos y son visibles a todos los participantes. Este modo de oferta es principalmente importante cuando los contratos serán destinados para cubrir la demanda regulada atendida por los agentes en caso tal que al momento del registro se especifique su intención de atender mercado regulado. La regulación de la CREG establece que las ofertas de compra de contratos con destino al mercado regulado deben seguir un proceso de oferta pública para garantizar el menor precio para los usuarios regulados.

El segundo tipo de oferta se realiza a un usuario específico. El micromundo permite que todos los participantes conozcan las personas que están registradas en el mercado del juego, con una descripción del tipo de agente Figura 21. Aquí, no podrán ofertarse contratos con destino al mercado regulado; si un jugador intenta ofertar este tipo de contratos de forma privada, recibirá un anuncio por parte del mercado.

Figura 21. Jugadores registrados.

Las ofertas se registran en una forma como se muestra en la Figura 22. No existen franjas de carga para las ofertas. Incluye una ventana de comentarios que se adjuntará a la oferta y será visible por los jugadores.

Figura 22. Menú Ofertas. Ventana para ofertar un contrato al Mercado.

Uno de los elementos claves en la capacitación en negociación es la Agenda de Negociación. Esta es un intento de plasmar los elementos tangibles en un proceso de negociación. Aquí, el jugador podrá definir una agenda de negociación para cada una de las ofertas que realice. A su vez también podrá verificar las contraofertas recibidas con respecto a su agenda de negociación. Cuando el jugador presiona el botón Agenda se abre la ventana mostrada en la Figura 23. El usuario debe asignar un total de 100 puntos a los factores tangibles: Precio, Tipo de Contrato, Cantidad y Longitud del contrato. Dentro de cada uno de los factores, debe asignar una preferencia o unos límites esperados superior e inferior.

Figura 23. Agenda de Negociación.

Luego de definida la agenda de negociación y publicada la oferta, los jugadores pueden consultar las ofertas de contratos existentes y la información adicional a la oferta, como puede verse en la Figura 24. Si el que publicó la oferta no es el mismo usuario, el jugador puede iniciar el proceso de negociación que consiste en el envío de mensajes que pueden ser enviados con contraofertas adjuntas Véase Figura 25.

Al ser enviados los mensajes, estos se depositan como mensajes nuevos en las aplicaciones de los destinatarios. Cada jugador puede ver los mensajes recibidos y visualizar si tienen contraofertas adjuntas Véanse Figura 26 y Figura 27.

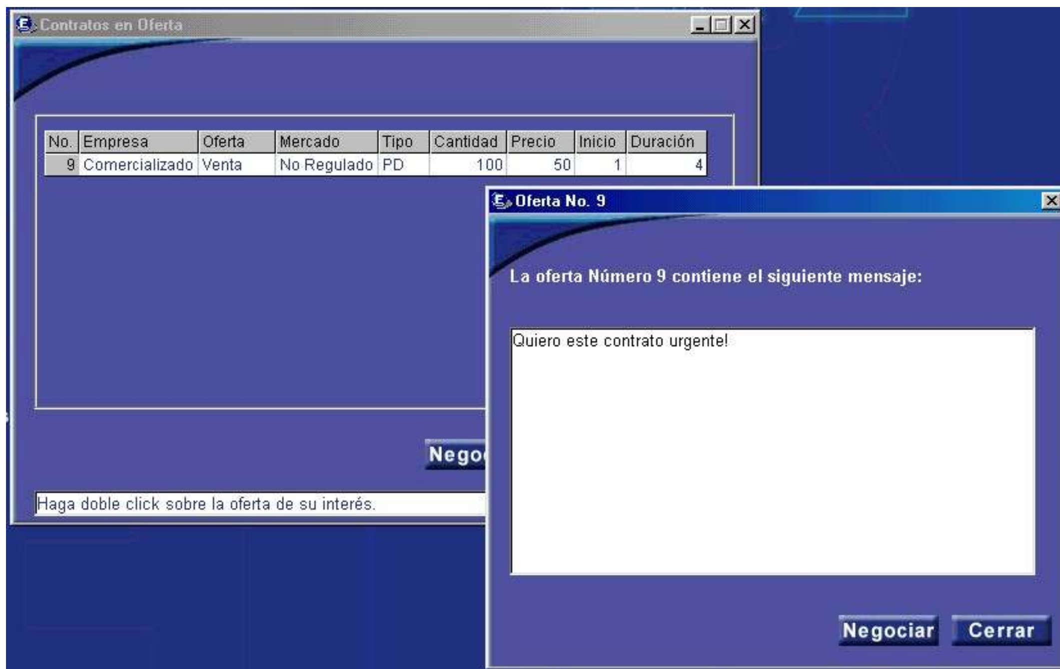


Figura 24. Menú Ofertas. Ventana de Ofertas vigentes en el mercado.

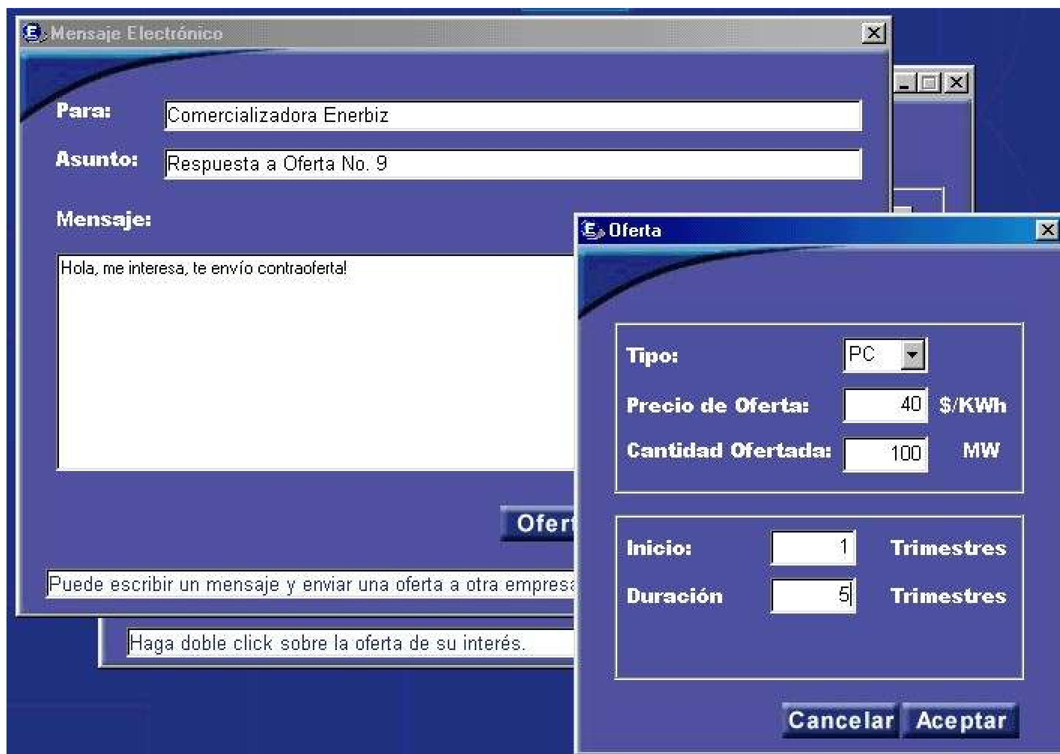


Figura 25. Menú Ofertas. Negociación de un Contrato mediante mensajes y contraoferta.

Figura 26. Mensaje nuevo y notificación de contraoferta adicionada.

Figura 27. Contraoferta adjunta a mensaje.

Las contraofertas pueden compararse con las agendas de negociación definidas para la oferta específica inicial del contrato, como se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Verificación de la Agenda de Negociación.

Módulo de la Reputación

Enerbiz III contiene básicamente tres modelos de simulación:

- Hidrología.
- Reputación.
- Desempeño.

El modelo de simulación de la hidrología se encuentra en la aplicación de administrador, descrita anteriormente. Éste simula el comportamiento hidrológico del país. Este modelo es el mismo que se ha empleado en Enerbiz I y II.

El segundo modelo se desarrollará para crear un perfil de atractividad para cada jugador. Este perfil se modifica cada vez que un jugador oferta un contrato o inicia una negociación con otro agente. Básicamente, la atractividad se verá afectada por Véase Figura 29:

- Precios propios de venta de contratos.
- Tamaño de la compañía.
- Reputación.

La reputación, en principio, será creada con base en el historial de las decisiones del jugador, así:

- Evolución de precios comparada con el resto de jugadores.
- Evolución del tamaño de la compañía comparada con el resto de compañías.

El tercer modelo de simulación retoma los modelos de simulación de la rentabilidad de la compañía y del PM y MM de Enerbiz II. Todos estos valores posteriormente son empleados como indicadores de desempeño de los participantes, y serán anunciados como mensajes animados, similares a Enerbiz I y II.

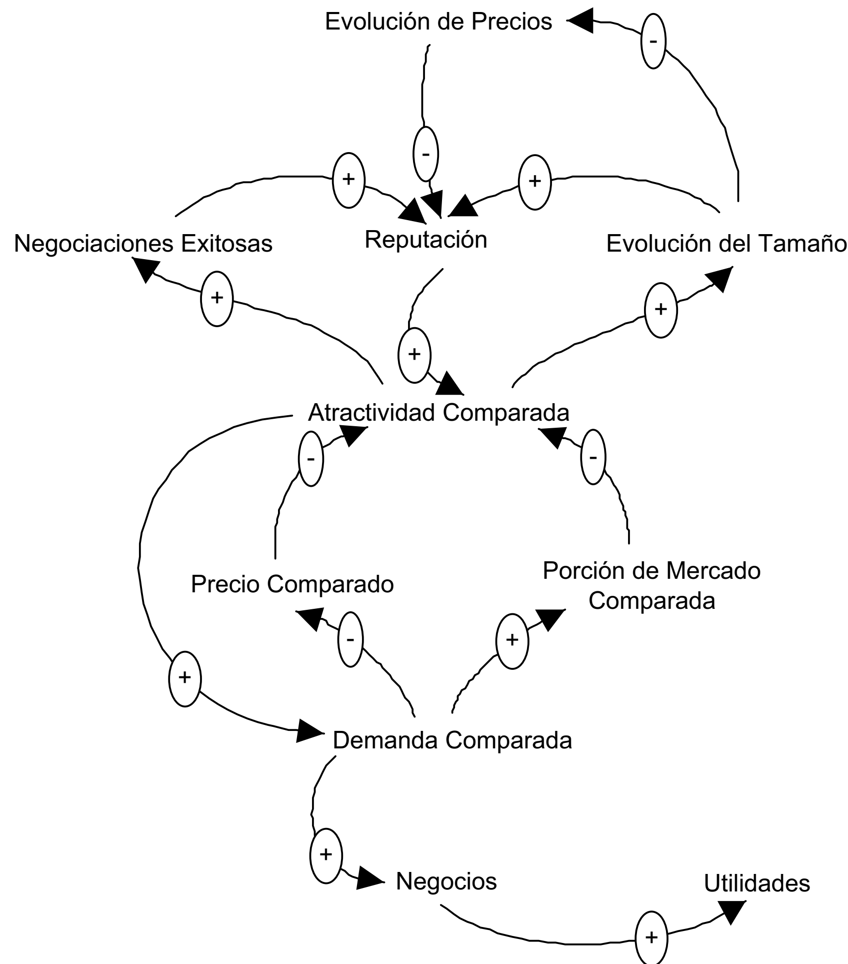


Figura 29. Diagrama causal para la atractividad y reputación.

4. CASO DE ESTUDIO 2
MICROMUNDO PARA LA INVERSIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

Los micromundos de inversión en generación desarrollado es una herramienta de aprendizaje y de análisis sobre el problema de inversión en nueva capacidad de generación en mercados eléctricos en Suramérica. Estos pretenden explicar las principales interrelaciones entre las variables determinantes de cada mercado eléctrico de estudio y permite que los usuarios ahorren tiempo y costos en los que podrían incurrir al realizar una inversión real en el sistema. Con estos micromundos se pretende que los usuarios y potenciales inversionistas en generación puedan hacer análisis detallados ante diferentes escenarios que pueden ser críticos y puedan tomar decisiones más informadas.

El principal objeto de estudio de estos casos es el problema de la inversión, donde se sacrifican una serie de beneficios hoy esperando beneficios futuros En este caso se estudia únicamente las inversiones en activos reales, concretamente dos herramientas, una para Colombia y otra genérica para varios países en Suramérica. En estas se busca entender que pasa respecto a una determinada inversión: ¿Se justifica la inversión, bajo determinadas condiciones de riesgo

dadas? Para realizar la evaluación de la inversión se hace uso de los conceptos de ingeniería económica, también conocida como ingeniería de proyectos, análisis de inversiones, evaluación financiera de proyectos, entre otras

4.1 Caso Colombia

El Micromundo desarrollado se soporta en un modelo en Dinámica de Sistemas, donde el usuario toma sus decisiones de inversión en nueva capacidad de generación y observa, además del desempeño de su inversión, el comportamientos de algunas de las variables mas representativas del sector eléctrico Arango *et al* 2002. Con este, el usuario puede aprender sobre el efecto de la hidrología en su inversión, que pasa cuando hace un apalancamiento de la deuda y analizar casos particulares, entre otros. Dentro de esta herramienta se permite el análisis de diferentes tecnologías de generación de electricidad y analizar bajo los supuestos de diferentes escenarios.

El micromundo está suportado en un modelo modular de Dinámica de Sistemas. En la Figura 30 se observan los principales componentes del modelo subyacente al micromundo y la interacción entre ellos. En el modulo de mercado se mira la formación del precio de bolsa, la formación de precios de contratos y se determina el despacho de energía por tecnología y para el proyecto en análisis, teniendo en cuenta la demanda y la oferta. En el módulo de expansión se analizan las relaciones más importantes de las variables que influyen en la oferta de generación del sistema y mirar cómo la oferta influye sobre el sistema, siendo este una abstracción de los mecanismos reales para la expansión del sistema en el ambiente de competencia actual. El módulo de hidrología se estiman los aportes las cadenas de embalse por medio de un modelo RAR1 que considera la influencia que tiene la ocurrencia del fenómeno ENSO sobre los aportes de los ríos colombianos y la dependencia mensual. El módulo de demanda se hizo adoptando el uso de los escenarios que tradicionalmente plantea la UPME 1999. Finalmente, con el módulo financiero se hace posible evaluar las consecuencias de las decisiones de inversión, a través de la elaboración de flujos de fondos del proyecto de inversión y el cálculo de numerosos indicadores que permiten evaluar el desempeño de la inversión.

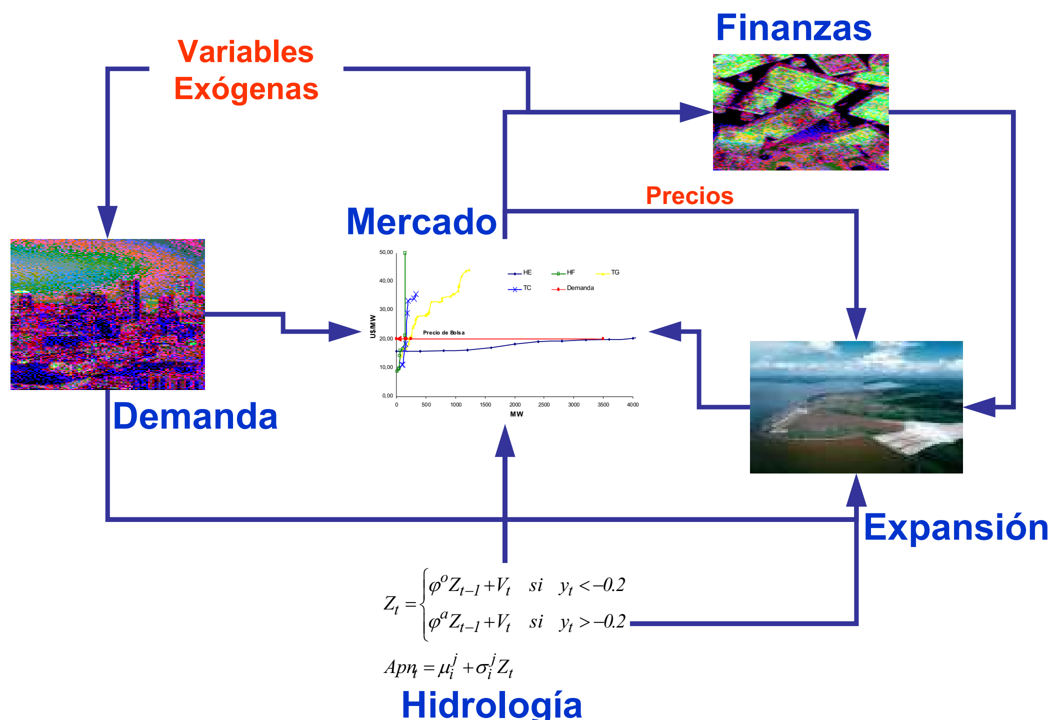


Figura 30. Estructura modular del modelo en DS

Este micromundo fue desarrollada con la idea de funcionar como i una plataforma de análisis que sirve para hacer uso del micromundo de manera abreviada mediante la toma de decisiones una sola vez al inicio de la simulación; y ii segundo, el micromundo como tal, es una versión completa que permite la definición de escenarios de análisis y la toma de decisiones periódicas durante el período de simulación como un juego. Una gran diversidad de realimentación permite un potencial grande de realimentación del usuario respecto a sus decisiones. La Figura 31 muestra la forma de presentación de algunos de los reportes disponibles.

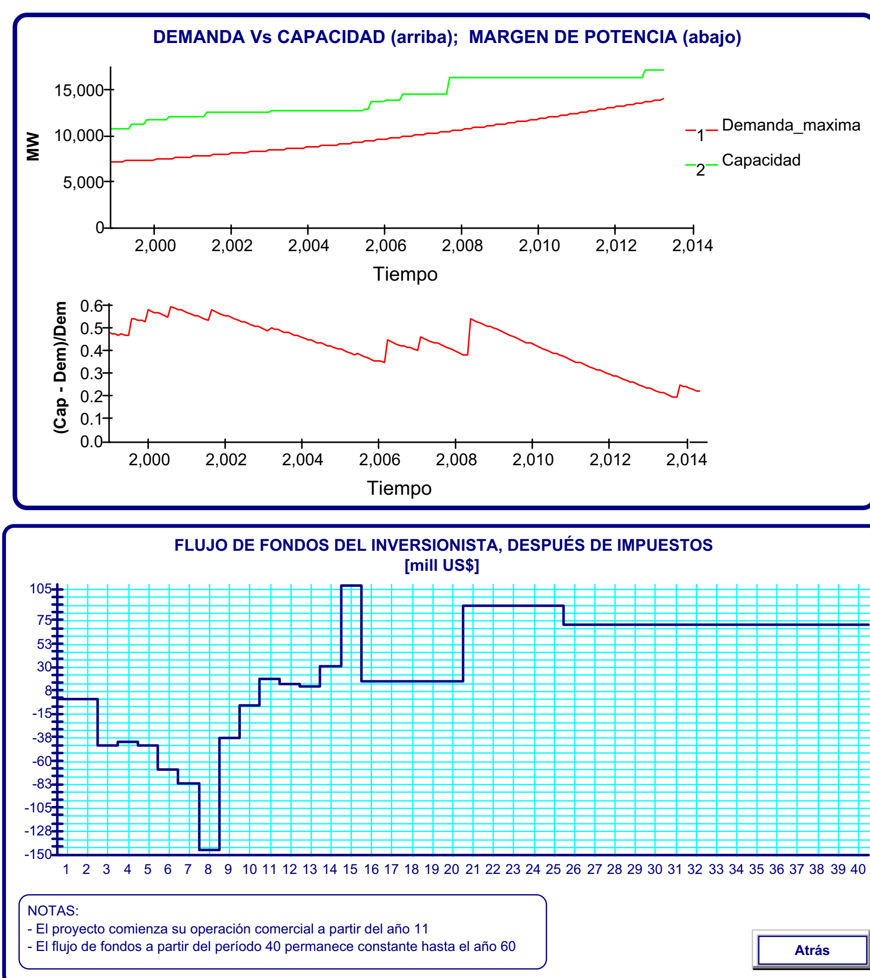


Figura 31. Demanda vs. Capacidad instalada y margen en capacidad. Escenario B.

Los resultados que se obtienen con la interpretación del comportamiento del sistema con o sin decisiones de inversión, es decir, el micromundo permite también el análisis del sistema. Se puede hacer uso del modelo de simulación como herramienta de análisis. El comportamiento del sistema puede ser observado en las componentes "Estado del Sistema".

4.2 Para Suramérica

Como una extensión de la aplicación presentada anterior, se planteó es desarrollos de algunos países latinoamericanos Smith et al. 2002. Los países seleccionados tienen en común que están también bajo estructuras de mercado, donde se observa la necesidad del desarrollo de herramientas enfocadas al análisis de comportamiento del comportamiento bajo condiciones de incertidumbre.

5. COMENTARIOS FINALES

En este artículo se presenta una reseña a desarrollos de algunos micromundos desarrollados para el sector eléctrico en Colombia y Suramérica. Estos surgieron como requerimientos de los procesos de transformaciones de esquemas centralizados a mercados con alta incertidumbre. Estos micromundos están suportados en modelos de Dinámica de Sistemas. Los micromundos mostrados son, en general, juegos donde el usuario puede hacer fácilmente sensibilidades, buscar la manera de obtener mejores indicadores de su desempeño, estresar el sistema a condiciones críticas y verificar el comportamiento del sistema, entre otras.

Las experiencias con micromundos contemplan diferentes aspectos de los mercados energéticos. Se mira desde la simple comercialización en bolsa y contratos de la electricidad, hasta la toma de decisiones de inversión en capacidad de generación de largo plazo. Los simuladores han sido utilizados tanto por profesionales participantes reales del mercado, así como estudiantes de pregrado en cursos de formación básica. La experiencia construida con cerca de 10 años en desarrollo y uso de simuladores, valida esta metodología como herramienta para el aprendizaje en mercados energéticos.

REFERENCIAS

Aracil, J., Gordillo, F. 1997. Dinámica de Sistemas. Ed. Alianza, Madrid, España, 198 p.

Arango, S. 2007. Simulation For Alternative Regulation In The Colombian Electricity Market. Journal of Socio-Economic Planning forthcoming

Arango, S. Smith, R., Dyner, I., y Osorio, S., 2002 "Micromundo para la inversión en generación eléctrica en Colombia". Revista Energética 26.

Blanco, Carlos and Mark B. Garman. 1998. Nuevos Avances en la Metodologia de Valor en Riesgo: Conceptos de VeRdelta y VeRbeta. [New Advances in Value at Risk: Applications of VaRdelta, VaRbeta, and Component VaR in Spanish]. Analisis Financiero. 1st. Quarter

Brealey R A. y Myers S. C. 1996. Principles of Corporate Finance. McGraw-Hill.

Bunn D , Dyner I , Larsen E. 1997. Modelling Latent Market Power Across Gas and Electricity Markets. System Dynamics Review, 134: 271-288 .

Bunn, D. W., & Larsen, E. R. 1999. Deregulation in electricity: understanding strategic and regulatory risk. Journal of the Operational Research Society, 504.

CONGRESO DE COLOMBIA, 1994a. Ley de Servicios Públicos: Ley 142. Julio 11, Bogotá, Colombia.

CONGRESO DE COLOMBIA, 1994b. Ley de Servicios Públicos: Ley 143. Julio 11, Bogotá, Colombia.

Dyner, I. 1993. Dinámica de Sistemas y Simulación Continua en el Proceso de Planificación. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. [s.n.], 160 p.

Dyner, I., 1995. System Dynamics Platforms for Integrated Energy Analisys. PhD Thesis. London Business School , University of London, UK. 339 p.

Dyner, I., 2000. Energy Modelling Platforms for Policy and Strategy Support. Journal of the Operational Research Society, Vol. 51, N°2, Febrero, 2000, p. 136-144.

Dyner, I., Larsen, E.R., 2001. From Planning to Strategy in the Electricity Industry. Energy Policy 29, 1145e1154.

Dyner, I., Peña, G., y Arango, S. 2007. Modelamiento para la Simulación de Sistemas Socio-Económicos y Naturales. Universidad Nacional de Colombia esperado 2007

Dyner, I., Smith, R., et al 1998. Microworlds for training electricity traders. Conferencia Internacional en Dinámica de Sistemas. Quebec, Canadá.

Elton E., Gruber M. 1995. Modern portfolio theory and investment analysis. Editorial John Wiley and sons. New York.

Ford, A. 1999. Cycles in Competitive Electricity Markets: A Simulation Study of the Western United States. Energy Policy, 29: 637-58.

Ford, A., 1997. System Dynamics and the Electric Power Industry. System Dynamics Review, Spring,Volume 13, Number 4. Printed in Great Britain by Unwin Brother. Ltd.

Fusaro P. 1998. Energy Risk Management. Editorial McGraw Hill. New York.

Genta, P. J., Neville S., 1996. A Microworlds of Exploration and Development: Creating a Learning Laboratory for the Oil & Gas Industry. International System Dynamics Conference. Cambridge, Massachusetts. p.p. 174.

Langley, P et al, 1996. Beefeater Restaurant Microworld. User guide.

Langley, P. et al, 1996. Beefeater Restaurant Microworld. User guide.

Larsen, E., Dyner, I., Bedoya, L., Ranco, C., 2004. Lessons from deregulation in Colombia: successes, failures and theway ahead. Energy Policy 32, 1767e1780.

Lee, T. H., Ball, B.C. and Tabors, R. D. 1990. Energy aftermath, how we can learn from blunders of the past to create a hopeful energy future. Harvard Business School. Press: Boston, Massachusetts, US.

Machuca, J. A., del Pozo, R., 1997. The Beer Game, with the possibility of the Use of EDI, through the Internet. International System Dynamics Conference. Pp. 383. Instambul Turkey.

Markowitz, H., 1952. Portfolio selection, *Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1.

Nail, R. F., 1992. "A System Dynamics Model for National Energy Policy Planning. System Dynamics Review, Winter,Volume 8, Number 1. Printed in Great Britain by Unwin Brother. Ltd.

Senge, P. M. 1993. La Quinta Disciplina. J. Granica S.A., Barcelona, España.

Senge, P. M. 1990. The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. New York: Doubleday, 349 p.

Senge, P., Lannon C., 1992. Managerial Microworlds. Technology Review.

Simons, K., 1990. "New Technologies in simulation games". System Dynamics Group, MIT. April.

Smith, Ricardo A., José Vicente Guzmán, Isaac Dyner, Claudia Cristina Rave, Silvia Osorio, Luz Stella Pineda, Beatriz Elena López, Martha María Gil, Natalia Quiceno, Rafael Madrigal, Diana Isabel Quevedo. 2002. Micromundo para la inversión en generación eléctrica en latinoamérica. Revista Energética 27.

Sterman, John D. 2000. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Ed. McGraw-Hill Higher Education, USA. ISBN: 0-07-231135-5. 982 p.

UPME, 1999. Estudio de Proyección de la Demanda de Energía del País. Ministerio de Minas y Energía, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Vallis, G. K. 1986. El Niño: A Chaotic Dynamical System? Science 11, Vol 232 no 4747, pp. 243 – 245.

Vlahos, K. 1998. The Electricy Markests Microworld. Versión 1.0. LBS, UK.

MALARIA MODELLING AND INTEGRATED SURVEILLANCE AND CONTROL SYSTEMS

Daniel Ruiz
Programa en Ingeniería Ambiental, Grupo de Investigación 'Gestión del Ambiente para el Bienestar Social - GABiS'
Escuela de Ingeniería de Antioquia, Calle 25Sur No. 42-73, Envigado, Antioquia, Colombia
Phone: (57-4) 339-3200; E-mail: pfcarlos@eia.edu.co

Stephen Connor and Madeleine Thomson
International Research Institute for Climate and Society, Earth Institute, Columbia University in the City of New York
Lamont Campus, 61 Route 9W, Monell Building, Palisades, NY 10964-8000 USA
Phone: (845) 680-4468; E-mail: sconnor@ei.columbia.edu

ABSTRACT

Malaria dynamical models could play a significant role in current and future public health strategies. Process-based models could support programs and plans aimed at reducing human health impacts of sudden malaria outbreaks. This document summarizes the activities that were conducted to: (a) analyze, create, run, and replicate simulation outputs of nine malaria dynamical models and one decision-making tool; (b) link all their shared exogenous and endogenous variables; (c) create a multi-model ensemble framework and propose an interactive learning environment; (d) conduct preliminary stability analysis; and (e) compare the simulation outputs of two of the models with actual malaria morbidity profiles observed in four malaria-prone regions with different eco-epidemiological conditions. The level of skill of the process-based models could reach correlation coefficients between observed and simulated malaria incidences as high as 0.89; mean square errors, in turn, could reach values as low as 0.0002. In general, seasonality and observed prevalence of recorded malaria incidences could be well represented if local and regional conditions are well understood. Averaged simulated incidences could increase individual correlation coefficients by almost 17%, improving the percentage of the variance of malaria incidence anomalies explained by each mathematical tool. In the foreseeable future the multi-model ensemble could be implemented to explore the role that both climatic and non-climatic factors play in fluctuations and trends in malaria incidence, and to offer useful information to effectively guide decision-makers in risk assessment, malaria control investments and choice of interventions.

Keywords*: malaria, modeling, dynamical models, ensemble, early warning systems*

1. INTEGRATED SURVEILLANCE AND CONTROL SYSTEM: THE COLOMBIAN INITIATIVE

Colombia has recently proposed a very ambitious adaptation strategy to mitigate the possible adverse effects of climate change on human health: the National Integrated Surveillance and Control System (INS, 2005; Ruiz, 2005). This public health strategy is based upon five linked components (see Figure 1): an Early Warning System (EWS) Framework; climate forecast, monitoring and analysis of scenarios; epidemiological surveillance and control activities; early diagnosis and treatment of primary cases; and entomological surveillance and control activities. These components are supported by structural axes representing capacity building (primary education and local expertise) and process maintenance and continuity, and are articulated by a 'conveyor belt' representing institutional networks and financial strategies.

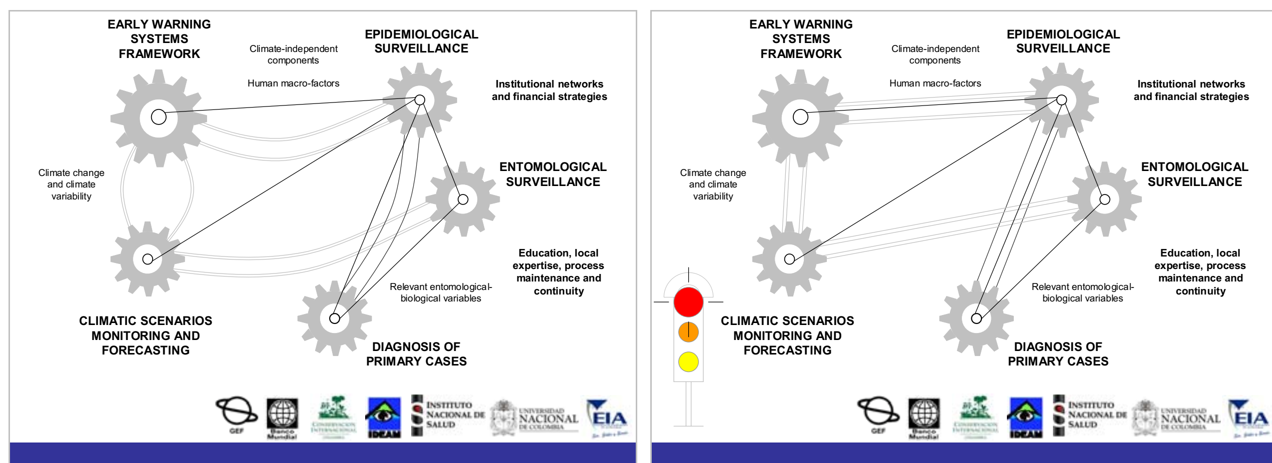


Figure 1. Integrated Surveillance and Control System under 'normal' conditions (left) and during the onset of epidemics (right). Source: Ruiz, 2005.

The national and international communities have been developing climate-based EWS to provide local alerts of different magnitudes at inter-annual, annual, and seasonal time scales (WHO, 2004). There has been a growing interest in developing frameworks within the EWS that allow a continuous assessment of local risks of malaria transmission in the face of global climate change. Those frameworks, however, have limited their focus to how climatic factors affect the transmission potential of mosquito vectors. Few efforts have explored the role both climatic and non-climatic contributors play in the dynamics of the disease and in the global increase of its incidence. Moreover, 'most tools were developed as pure research; therefore, neither the extent to which they address specific control decisions nor their utility for planning public health interventions is completely clear' (Yang, 2000). The Integrated Surveillance and Control System proposed for Colombia includes climate forecasting capabilities, statistical models, eco-epidemiological mathematical models, and other promising tools to support campaigns and mitigation plans aimed at reducing human health impacts of sudden malaria outbreaks (Ruiz, 2005).

Eco-epidemiological or dynamical models employ the established biological mechanisms of the transmission cycle of malaria parasites to integrate climatic variables with demographic, epidemiological and entomological data routinely collected in malaria-prone areas. These tools can be used to: (a) understand the complexity of the disease, in order to evaluate spatial and temporal risks; (b) estimate the time of occurrence and severity (or possible magnitude) of unexpected malaria outbreaks; (c) analyze the major confounders of the overall driving factors that seem to be interacting to cause abrupt increases in malaria incidence (thus, interventions can be designed to address key-variables in order to reduce the vulnerability of human populations to epidemics); (d) investigate the current decision making process and provide quantitative goals for effective interventions (timing and magnitude) adapted to specific ecological circumstances of each endemic area (INS, 2005); (e) pose and answer "what if" questions; and (f), perhaps more important, help decision makers learn. The future goal is to allow regional health authorities to assess the local risk of malaria transmission in the face of local and regional environmental changes, and help them to determine the most appropriate preventative actions that have to be taken in order to prevent epidemics before they begin (INS, 2005).

2. DYNAMICAL MODELS AND MULTI-MODEL ENSEMBLE

A collaborative research project is currently being conducted by the School of Engineering in the City of Medellín (Colombia) and the International Research Institute for Climate and Society, Columbia University in the City of New York (USA), to design and implement a multimodel ensemble (MME) approach to malaria transmission modelling. Outputs from the MME, with iterations based on changes in initial conditions, may help to reduce single model bias, enable the production of an outcome probability distribution, and potentially improve the assessment of uncertainty. Up to now, several mathematical dynamical models have been incorporated in the framework (see Figure 2): the Macdonald's model (MAC, 1957); the classic differential-equation model discussed by McKenzie *et al*. (CDE-I, 1998); the differential-delay-equation 'compartment' model discussed by McKenzie *et al*. (CDE-II, 1998); the non-spatial malaria epidemiology model suggested by Ruiz and Yan (CDE-III, 2003) as a revision of the compartment models discussed by McKenzie *et al*. (1998); the Yang's malaria transmission model (YANG, 2000) for different levels of acquired immunity and temperature-dependent parameters in the mosquito vector population; the Martens' model (MAR, 1997); the mathematical model proposed by Worrall, Connor, and Thomson (WCT, 2007); the dynamical model proposed by Ruiz *et al*. (RUIZ, 2002a, 2002b, 2003, 2006); and the weather-driven model of malaria transmission proposed by Hoshen and Morse (HM, 2004). The approach also includes the tool for decision makers proposed by Githeko and Ndegwa (GNM, 2001).

Each of these mathematical tools has its respective schematic diagram (see Figure 3) and stock-flow model in the MME (see Figure 4). The latter depicts the system of coupled differential equations and the major components, level variables and endogenous variables of each mathematical tool. Stock-flow models were created using the computer software Powersim Constructor Version 2.51® for Microsoft Windows XP-Home Edition Version 2002®. The systems of coupled differential equations are currently solved through a fourth order Runge-Kutta numerical algorithm for a 1-day time step. Several exogenous variables are considered in the framework (see Table 1 for three levels of understanding): they are divided into five main groups: community-based, parasite, individual human host, mosquito vector, and environmental variables. Accordingly, demographic conditions, control campaigns, surveillance activities, prevalent parasite species, immunity conditions, inherent human characteristics, vector species, among others, are purposely included. Values of all these exogenous variables can be gathered from published literature or local data, can be directly calculated from field records or mosquito life-table studies, or can be measured through laboratory experiments (see Figure 5).

The MME framework considers a significant number of endogenous variables: the most common auxiliaries used by all the mathematical models are the total human population at risk, the duration of the sporogonic cycle, the host delay for infectivity, the immune response of human hosts, and the major entomological variables involved in the transmission dynamics of this disease (vector natality, mosquito survivorship, feeding frequency, and vector density). In

summary, the final interactive suite (file MME06.SIM Version Aug, 2007) has the following number of items: 475 total variables (46 level, 312 auxiliaries and 117 constants), 520 snapshots, 838 links, 94 flows, 4 transfer objects (exogenous climatic variables, epidemiological time series, and description of breeding sites), and 284 and 276 static and dynamic objects, respectively. Simulations in a Toshiba Laptop with an Intel(R) Celeron(R) processor @ 1.47GHz/448 MB of RAM take approximately 3 minutes 30 seconds for a 2,922-day simulation period (e.g. for Chobe District, Northern Botswana; see simulation of actual conditions in numeral 4 below).

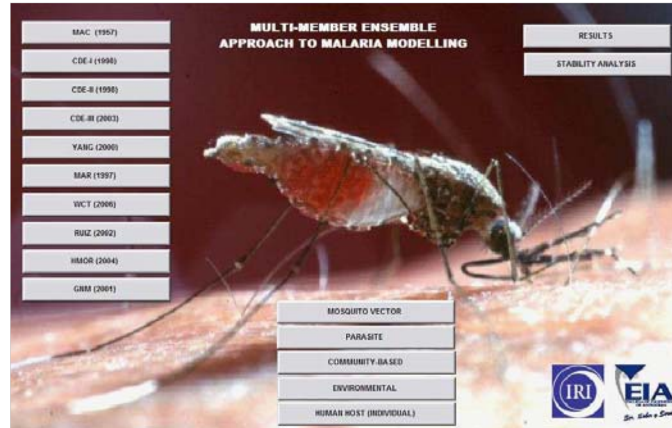


Figure 2. Control panel of the multi-member ensemble approach (picture was taken from Jornal da Unicamp, www.unicamp.br)

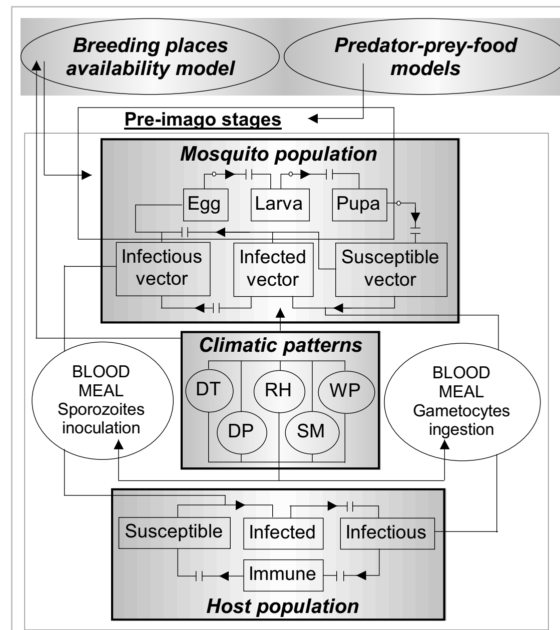


Figure 3. Schematic diagram of the dynamical model proposed by Ruiz *et al*. (2006). The main blocks represent the linking components: mosquito population (vector ecology), vertebrate host (human) population, and weather patterns. The level variables representing the total number of eggs, larvae and pupae (virtual compartments), susceptible, infected and infectious vectors (top), and susceptible, infected, infectious, and immune host (bottom) are depicted by small rectangles. Mosquito and host populations are linked by the transmission of parasites through mosquito blood meals (vertical). The non-continuous arrows represent time delays. The ovals on top represent: (left) table functions affecting the main module and denoting the availability of adequate breeding sites, and (right) predator-prey interactions during pre-imago stages. On non-continuous arrows, the circles represent hatching, larva development and emergence success. Variables DT, RH, DP, WP and SM represent mean daily temperatures, mean daily relative humidity values, total daily rainfall records, wind patterns, and soil moistures, respectively. DT and RH affect the vector ecology and the blood meal. DP and SM affect the availability of adequate larval habitats. The 'virtual' compartments representing pre-imago stages are only used when vector densities obtained by simulation are required for estimating the Vectorial Capacity (Source: Ruiz *et al*., 2006).

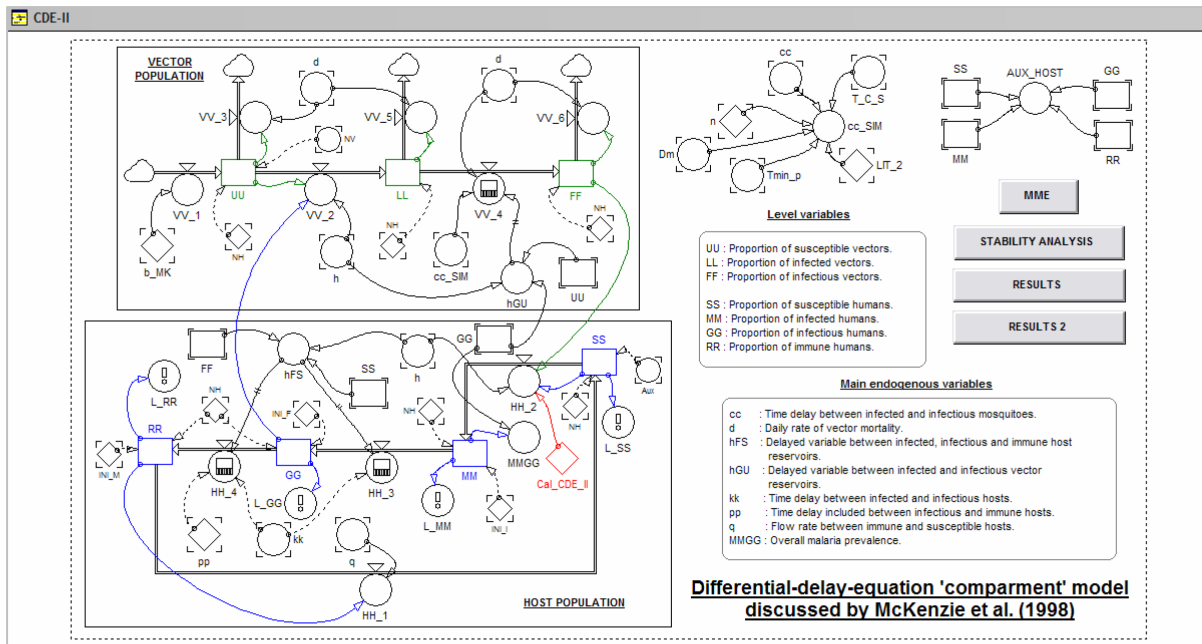


Figure 4. Stock-flow model of the differential-delay-equation ‘compartment’ model discussed by McKenzie *et al*. (1998)

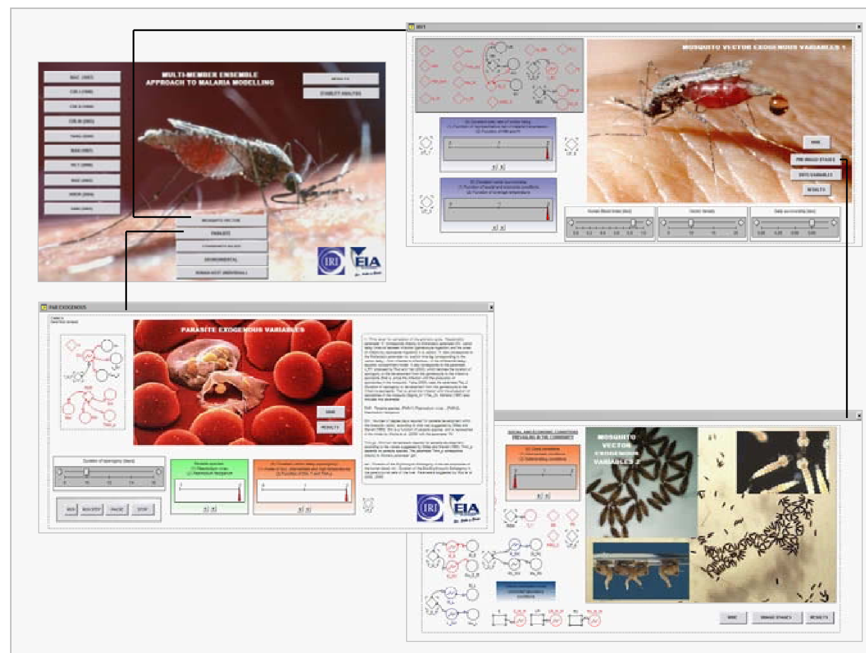


Figure 5. Control panels of the mosquito vector (adult and pre-imago stages) and parasite exogenous variables (pictures were taken from *ars technica*: the art of technology, www.media.arstechnica.com/journals/science.media/ and Institute for Science and Technology in Medicine, www.keele.ac.uk/research)

Currently, the MME framework is being used to: analyze the general epidemiology of the disease; compare its simulation outputs with actual malaria morbidity profiles observed in several endemic/epidemic-prone regions with different eco-epidemiological settings; and simulate several changing epidemiological scenarios, to assess the effects of global warming and changes in local climatic and socioeconomic conditions on malaria transmission. The validation of the multi-model ensemble is based on monitoring malaria prevalence changes to test whether predictions from numerical simulations are consistent with field observations; and examining whether the models applied for one site can correctly predict malaria epidemics in other sites. This document discusses the usefulness of the interactive framework to: (a) conduct stability analysis and support learning processes; and (b) simulate actual situations. Our previous work

(Ruiz *et al.*, 2007) discussed the convenience of the MME to understand the role of non-climatic factors, assess changing climate and future scenarios, and simulate interventions.

3. STABILITY ANALYSIS AND LEARNING PROCESSES

The MME helps to visualize the trajectories of the solutions of the mathematical models in their respective phase planes (in our case, the proportions of infectious human hosts are plotted against the proportions or numbers of infectious/affected mosquitoes). Phase planes are extremely useful to conduct stability analyses, which are needed to have a deeper understanding of the major characteristics of each set of equations and to get a different point of view about some of the phenomena that can be found in the malaria complex nonlinear system. After successfully replicating the outputs of the models CDE-I (1998), CDE-II (1998), CDE-III (2003), YANG (2000), MAR (1997), and WCT (2007), the MME framework was used to analyze the dynamics of malaria transmission in a fictitious locality when cohorts of 100 and 25 infected and infectious individuals, respectively, are introduced into a hypothetical population at risk of 500 people, who are living under specific socioeconomic conditions. Under the assumed scenario, MAC, CDE-I and CDE-II dynamical models exhibit point attractors in their respective phase planes (not shown). Results suggest that the proportion of affected people in the hypothetical community could reach levels of about 22-35% of the total population at risk. The impact of changes in initial conditions on the simulated proportion of infected people was also analyzed using the multi-model ensemble. The mathematical tool was implemented to assess the proportion of affected people that could arise in the same fictitious locality when cohorts of (90; 95; 100; 105; and 110) and (15; 20; 25; 30; and 35) infected and infectious individuals, respectively, are introduced into the population at risk (see Figure 6). Finally, it is argued that the interactive framework could also be used as a powerful tool to support learning processes (see Figure 7).

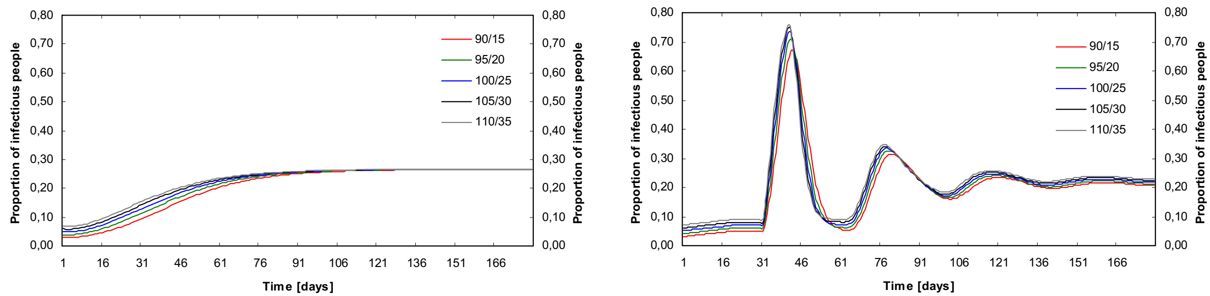


Figure 6. Analysis of the impact of changes in initial conditions on MAC (left) and CDE-II (right) simulated malaria incidences. Each time series depicts the assumed number of infected and infectious individuals at time t=0.

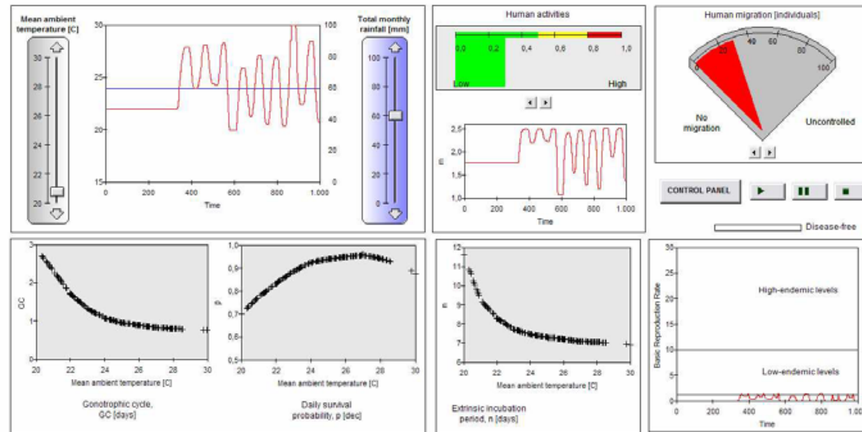


Figure 7. Friendly and interactive panel of the multi-member ensemble. Favourable environmental conditions (i.e. increasing temperatures, see top left panel) lead to a shortening of the duration of gonotrophic and sporogonic (or extrinsic incubation period) cycles, acceleration in the development from eggs to adult imago, resulting in increased mosquito densities (see fluctuations in vector density, represented by variable *m*), as well as increases in mosquito survival. As a consequence, the vectorial capacity increases to levels at which malaria outbreaks are inevitable (see variations in the Basic Reproduction Rate, bottom right panel), and transmission may be further enhanced when human activities and migration contribute to an increased number of infectious human hosts.

4. SIMULATION OF ACTUAL SCENARIOS

To analyze the overall transmission dynamics and the skill of the mathematical models to represent malaria incidence, several actual epidemiological scenarios are currently under consideration. In South-America, endemic areas include the Colombian municipalities of Nuquí on the province of Chocó, rural lowlands of the Pacific Coast, and El Bagre on the province of Antioquia along the floodplains of Cauca and Nechi rivers, on the rural lowlands of the Caribbean Coast. These epidemiological scenarios are discussed in depth by Ruiz *et al*. (2006). Such experiences are currently being extrapolated to twelve pilot malaria-prone areas, distributed in all the Colombian geographic settings. In Africa, regions of interest include the District of Kisii on the highlands of Western Kenya and the District of Chobe on the upland plateau of northern Botswana.

For each scenario several steps are conducted to determine the magnitude of the exogenous variables of the multimodel ensemble. These steps include: (a) the analysis of demographic census, to estimate the total populations at risk in rural and semi-rural areas; (b) the analysis of epidemiological time series (historical positive malaria cases for the prevalent type(s) of infection), to determine current conditions, malaria prevalence, major type of infection, initial conditions, etc.; (c) the analysis of vector population dynamics, to determine the primary vectors incriminated in malaria transmission and their feeding/resting behaviour; and (d) the analysis of climatic time series, to detect the role climatic conditions play in malaria transmission dynamics on each study site. Simulations, in turn, include: (i) analysis of base scenarios; (ii) experimentation-validation-analysis, including instability cases and sensitivity to initial conditions; and (iii) changing climate scenarios, to assess the effects of global warming and local climatic changes on malaria transmission. In this document, only the scenario for Northern Botswana is discussed in depth; simulation outputs, however, are presented for all the actual epidemiological scenarios.

4.1. Brief description of study site

The Republic of Botswana is situated in Southern Africa, nestled between South Africa (South and Southeast), Namibia (West), Zimbabwe (Northeast) and Zambia (North). Its land surface is dominated by the Kalahari Desert, which occupies the western part of the country and covers up to 70% of its total extension. Even though the region is predominantly flat, the eastern and north-eastern parts (where the Makgadikgadi salt lakes are located) are hilly. In this African Republic the total population increased, according to official demographic census, from almost 1’327,000 individuals to more than 1’680,000 people during the period 1991-2001, and is projected to reach 1’894,000 by the end of 2007. Botswana is currently divided into nine districts (Central, Ghanzi, Kgalagadi, Kgatleng, Kweneng, North-East, North-West, South-East, and Southern), which are subdivided into a total of twenty-eight sub-districts.

The North-West District, formally created in 2001, combines the districts of Chobe and Ngamiland. According to the number of unconfirmed and confirmed malaria positive cases available on a weekly timescale for the period 1997-2006 (data available from Botswana’s Ministry of Health), the District of Chobe exhibits the highest malaria incidence of all Botswana’s districts over the analyzed 10-year period (comparison is not shown). Analyses are focused on this endemic area of the NW District. During the period 1982-2006, unconfirmed annual malaria incidence in this region increased, as depicted in Figure 8, from less than 10% of the total population at risk in 1983 to almost 60-70% during the period 1996-2001, and decreased to values below 20% over the last two years as a consequence of the implementation of an indoor residual spraying control campaign. According to official demographic census, the total population living in the whole District reached over 14,000 and 18,000 individuals in the years 1991 and 2001, respectively.

4.2. Climate data, epidemiological data and annual cycles

Daily, monthly and annual rainfall totals gathered at seven weather stations can be downloaded from the Data Library of the International Research Institute for Climate and Society (IRI). Data from Kasane Airport, available for the period spanning from January 1st, 1980 through December 31st, 2004, are used for the analyses. Mean monthly temperatures gathered at Livingstone met station and available for the period January/1918 to December/1993, are also processed. These records correspond to the baseline climatological dataset of weather station temperature and precipitation data derived from the Global Historical Climate Network (IRI Data Library). On a weekly timescale, the total number of unconfirmed and confirmed malaria positive cases observed in the District of Chobe is available for the period spanning from January 1st, 1997 through November 18th, 2006 (see figures 9 and 10). In 1997, the total number of annual confirmed malaria primary cases reached more than 2,800 cases, out of a total toll of 10,895 unconfirmed reports. In 2001, malaria cases reached a peak of more than 840 cases during the epidemiological week 22-28 of April.

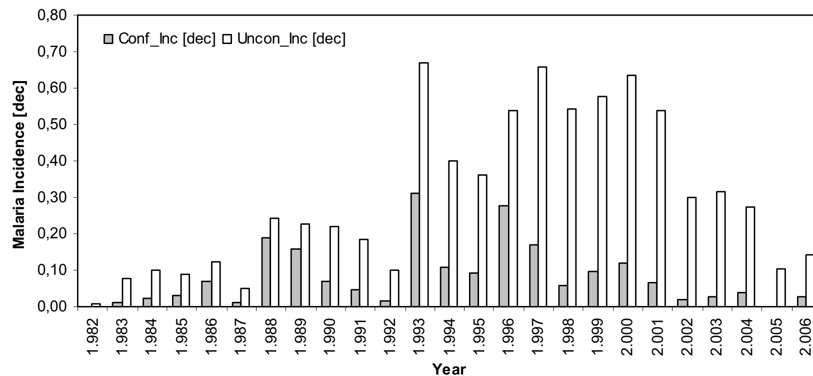


Figure 8. Annual malaria incidence observed in the District of Chobe, Northern Botswana, during the period 1982-2006. White (Uncon_Inc) and grey (Conf_Inc) solid bars represent, respectively, the unconfirmed and confirmed malaria incidences.

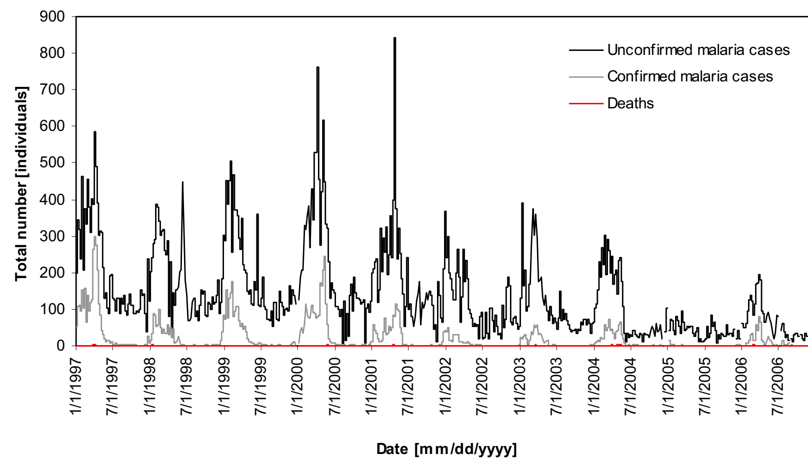


Figure 9. Total unconfirmed and confirmed weekly malaria positive cases observed in the District of Chobe, Northern Botswana, during the period January 1st, 1997-November 18th, 2006

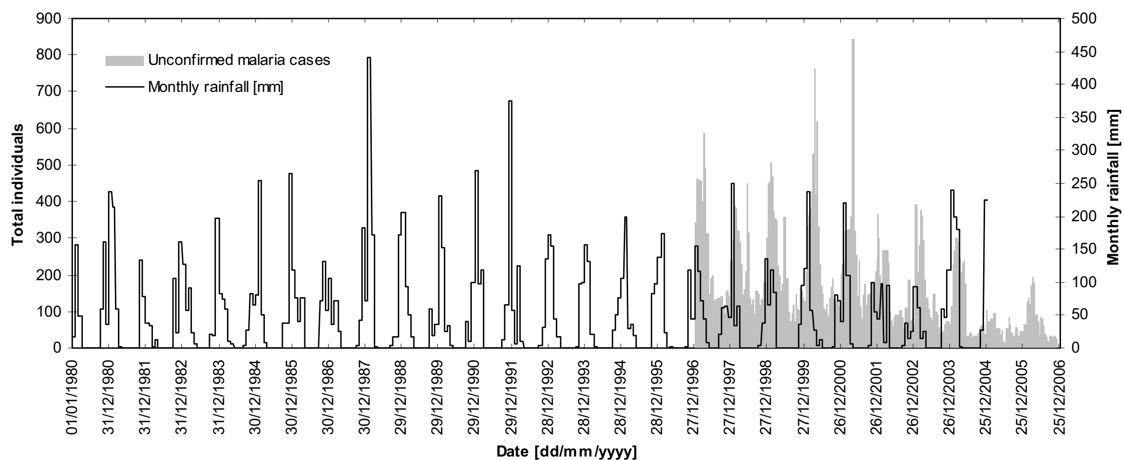


Figure 10. Total unconfirmed weekly malaria positive cases (grey solid bars) observed in the District of Chobe, along with total monthly rainfall (black solid line)

Figure 11 depicts the intra-annual cycles of rainfall and temperature patterns observed in Chobe District under 'average' conditions, along with the average malaria incidence per epidemiological period. Analysis of total monthly precipitation records indicates that under 'average' conditions the rainfall patterns in Chobe District exhibit an intra-annual cycle with a rainy season occurring during the trimester December-January-February and an extremely dry

season falling in the trimester June-July-August. Analysis of mean monthly temperatures indicates that under 'average' conditions a highly warm season typically occurs in September-October-November, and a period of low temperatures normally occurs in June-July-August. The average malaria incidence for Chobe District exhibits a peak in transmission around the epidemiological periods 02 to 04 (trimester February-March-April), following the rainy season and when temperatures are in transition between the highly warm and low temperatures seasons.

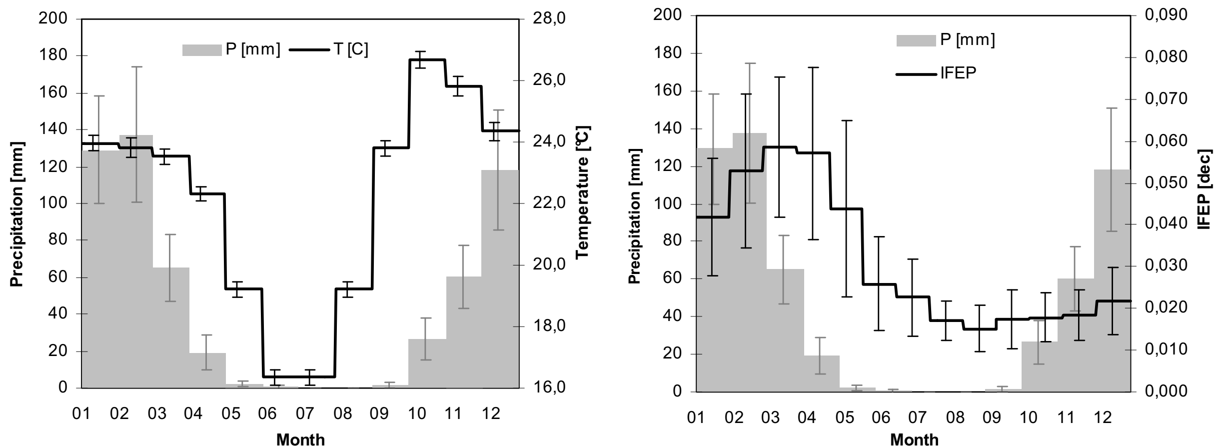


Figure 11. Intra-annual cycles of total monthly rainfall patterns (grey solid bars), mean monthly temperature patterns (black solid line on left panel) and malaria incidence per epidemiological period (black solid line on right panel) observed in the District of Chobe, Botswana, under 'average' conditions. Error bars depict the confidence intervals for a 0.05 significance level.

4.3. Simulations

General considerations. Roughly speaking, there are two periods during which malaria transmission could be possible: (1) low temperatures prevent parasite development in mosquitoes during 'cold/low temperature' seasons, and disease transmission is therefore limited to warm dry seasons, periods when vector densities tend to be extraordinarily low. Although this scenario is 'good' in terms of temperature for the development of parasites in the mosquito host, it is not particularly favourable for disease transmission in terms of the low vector densities. In this scenario, transmission is primarily controlled by those entomological variables (sporogonic cycle and feeding interval) that are strongly affected by temperature. (2) Disease transmission is possible during periods of 'excellent' conditions following long rainy seasons, when mosquito densities are generally high and temperatures are not cold enough to inhibit parasite development within the mosquito host. This scenario is primarily controlled by vector density and suggests that temperature and precipitation variables might have synergistic effects on malaria transmission.

Several mathematical models use temperature as the most relevant climatic parameter for understanding the occurrence of malaria outbreaks, because it affects the entomological variables that most researchers consider relevant for disease transmission and incidence (Martens, 1997; Aron and May, 1982; McKenzie *et al*., 1998; Macdonald, 1957; Yang, 2000; Yang and Ferreira, 2000). Few mathematical models have considered rainfall, which affects the availability of adequate breeding sites and thus influences the mosquito population dynamics. It appears that in several scenarios significant synergies are present between rainfall and temperature and their effect on malaria incidence, indicating that for the purpose of modelling malaria transmission, the use of temperature or precipitation alone will be inadequate for representing fluctuations in incidence. Consequently, assessing the impact of climate change and variability on malaria transmission not only requires consideration of changes in annual mean temperatures, but also, and more importantly, the extent of intra-annual and inter-annual variability in both temperature and rainfall. Simulations using a constant vector density allow approximating how changes in climatic conditions, which lead to increased mosquito survival and shortening of the duration of gonotrophic and sporogonic cycles, may impact malaria transmission. Simulations using seasonal fluctuations of vector density allow determining how changes in both availability of breeding sites and climatic conditions affect malaria transmission. Table 2 summarizes the major exogenous variables and the *level of understanding* that are considered for each of the selected eco-epidemiological scenarios.

Eco-epidemiological scenarios. Monthly values of *Plasmodium falciparum* malaria incidence for the municipalities of Nuqui (Colombian Pacific coast) and El Bagre (north-western Colombia), are modelled for the periods November 1st, 1997 to December 31st, 2003 and January 3rd, 1994 to December 28th, 2002, respectively. The first period corresponds to a simulation exercise of about 2,252 days or 74 months or, approximately, 6 years; the second, to an exercise of about 3,282 days or 108 months, or 9 years. As the analysis of annual cycles of rainfall, temperature and malaria incidence patterns shows peaks in malaria transmission following the periods of high temperatures (and when

rainy seasons start to occur; see Ruiz *et al*., 2006), it is proposed an eco-epidemiological scenario where transmission is primarily controlled by those entomological variables that are strongly affected by temperature. Hence, malaria transmission in the municipalities of Nuquí and El Bagre is simulated assuming the Vectorial Capacity infectious disease model for specific *constant* mosquito densities, which are estimated through the analysis of the availability of larval habitats in the selected localities. Monthly values of *Plasmodium falciparum* malaria incidence for KDH village of Kisii municipality, Kisii District (Kenyan highlands), are modelled for the period spanning from October 1st, 1989 to September 30th, 1998. This period corresponds to a simulation exercise of about 3,287 days (108 months, or approximately 9 years). Base scenarios suggest that intra-annual variability of temperature and rainfall should be considered for modelling malaria transmission in these areas (Ruiz *et al*., 2007). Finally, monthly values of malaria incidence for the District of Chobe, Northern Botswana, are modelled for the continuous and homogenous time horizon comprising the period from January 1st, 1997 through December 31st, 2004. This period corresponds to a simulation exercise of about 2,922 days, or 96 months, or 8 years. The estimated annual cycles suggest that intra-annual variability of rainfall should be considered for modelling malaria transmission in this endemic area.

Thus, exercises include endemic areas where peaks in malaria transmission occur after warm dry seasons (transmission is primarily driven by temperature) and regions where increases in the incidence normally happen after long rainy seasons (temperature and precipitation variables might have synergistic effects on malaria transmission). For the study site in Botswana, the initial total population at risk is assumed to be equal to 16,612 individuals, the total population living in the district at the end of 1996. The natural per-capita human birth and mortality rates and the differential (disease-induced) mortality rate are all assumed to be function of good social and economic conditions. The initial number of total infected, infectious and immune individuals is assumed to be equal to 5%, 5% and 10% of the total population at risk. Figure 12 depicts some results of the comparison between simulation outputs of two of the models of the multi-model ensemble (WCT and RUIZ dynamical models) and actual morbidity profiles observed in the selected malaria-prone regions. Figure 13, in turn, depicts the time series of RUIZ model results for the malaria-prone localities of Nuquí and El Bagre, Colombia, when an alternative scenario is considered: entomological variables involved in the estimation of the Vectorial Capacity of *Anopheles albimanus* and *An. darlingi* (primary vectors in these areas) are replaced with field-based approximations and/or values observed under controlled laboratory conditions.

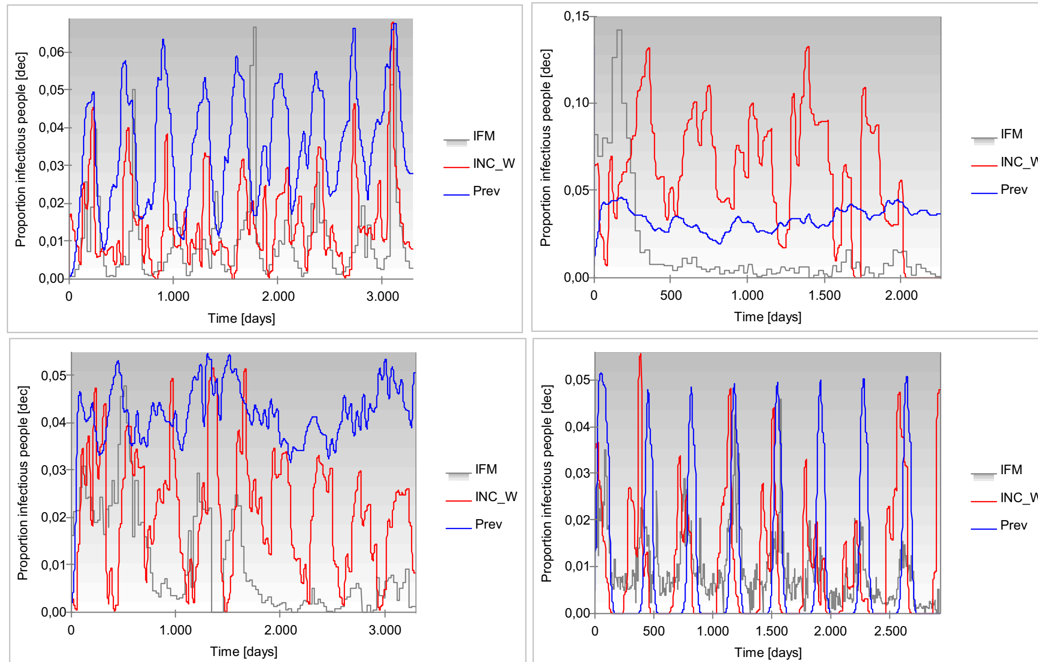


Figure 12. Time series of two of the models (INC_W: WCT model; Prev: RUIZ model) of the multi-model ensemble results. Top left: KDH village of Kisii municipality, Kisii District, province of Nyanza, Kenyan highlands (simulation exercise of about 3,287 days). Top right: locality of Nuquí, Colombian Pacific coast, for a simulation period of 2,252 days. Bottom left: municipality of El Bagre, north-western Colombia, for a simulation exercise of 3,282 days). Bottom right: Chobe District, Northern Botswana, for the 2,922-day simulation period. Grey solid bars represent the actual *Plasmodium falciparum* malaria incidence (IFM).

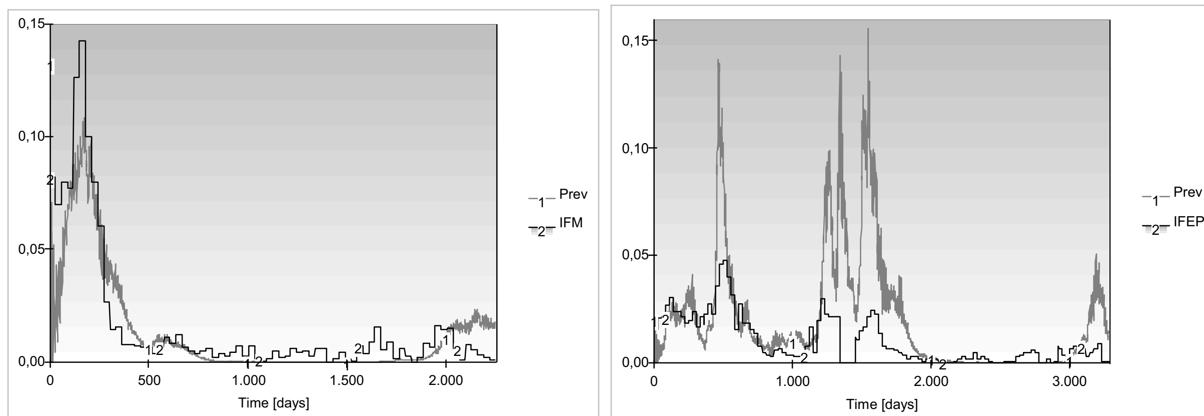


Figure 13. Time series of RUIZ model for alternative scenarios. Simulation outputs for the localities of Nuquí (left) and El Bagre (right).

Roughly speaking, both seasonality and observed prevalence of recorded malaria incidences are 'well' represented in all regions. For the localities of Nuquí and El Bagre, the level of skill of the RUIZ dynamical model is high when the exogenous entomological variables are replaced with field-based approximations and values observed under controlled laboratory conditions: for the first Colombian locality the correlation coefficient (R) and the mean square error (MSE) between observed and modelled monthly incidences reach 0.897 and 0.0002, respectively. For the municipality of El Bagre, R and MSE values are almost 0.660 and 0.0004, respectively. For the district of Kisii the outputs of the RUIZ mathematical model reach values of R of 0.158 and 0.389 for constant and simulated vector densities, respectively. For the same area, simulation outputs of the WCT tool show a correlation coefficient of 0.406; in this case, more than 15% of the variance of monthly incidence anomalies is explained by the model. Preliminary results suggest that an R-value of 0.454 is reached when an average of the RUIZ and WCT estimated incidences is considered; thus, 20.6 and 11.2% of the variance of mean monthly incidence and monthly incidence anomalies, respectively, could be explained by this 'two-model ensemble'.

REFERENCES

Aron, J, and R.M. May (1982). The population dynamics of malaria. Anderson, R.M. (ed). The population dynamics of infectious diseases: theory and applications. Chapman and Hall, London, 139-179.

Githeko, A.K. and W. Ndegwa (2001). Predicting malaria epidemics in the Kenyan highlands using climate data: a tool for decision makers. Global Change and Human Health 2: 54-63.

Hoshen, M.B. and A.P. Morse (2004). A weather-driven model of malaria transmission. Malaria Journal 3:32, doi:10.1186/1475-2875-3-32.

Instituto Nacional de Salud de Colombia (2005). Sistema Integrado de Vigilancia y Control de Malaria y Dengue en Colombia.

Macdonald, G. (1957). The epidemiology and control of malaria. Oxford University Press, London, U.K.

Martens, W.J.M. (1997). Health impacts of climate change and ozone depletion. An eco-epidemiological modelling approach. Maastricht, Netherlands.

McKenzie, F.E., R.C. Wong, and W.H. Bossert (1998). Discrete-event simulation models of *Plasmodium falciparum* malaria. Simulation 71(4): 213-217.

Ruiz, D., G. Poveda, M.L. Quiñones, I.D. Velez, G. Rua, W. Rojas and J.S. Zuluaga (2002a). Modelación sistémica para el diagnóstico de la interacción clima-malaria en Colombia. Aplicación durante El Niño 1997–1998 y La Niña 1998–2000. Meteorología Colombiana 5: 41-48.

Ruiz, D., G. Poveda, M.L. Quiñones, I.D. Vélez, G. Rúa, W. Rojas, and J.S. Zuluaga (2002b). Modelling entomological-climatic interaction of malaria transmission at Nuquí (Colombian Pacific Coast). Case of study: El Niño 1997–1998 and La Niña 1998–2000. In: Conference 'Climate Variability and Change and their Health Effects in the Caribbean: Information for Climate Variability and Change Adaptation Planning in the Health Sector'. PAHO/WHO. Bridgetown, Barbados.

Ruiz, D., G. Poveda, R.I. Mantilla, M.L. Quiñones, I.D. Vélez, G. Rúa, W. Rojas and J.S. Zuluaga (2003). Modelación de la interacción entomológica-climática de la transmisión de la malaria mediante Dinámica de Sistemas. Revista Colombiana de Entomología 29: 191-201.

Ruiz, D. and G. Yan (2003). Biology of African Highland Malaria: Report. Department of Biological Sciences, State University of New York at Buffalo, USA, 60 pages.

Ruiz, D. (2005). Fase de Preparación (PDF-B) del proyecto Integrated National Adaptation Pilot (INAP): High Mountain Ecosystems, Colombia's Caribbean Insular Areas, and Human Health - Sub-actividad 'Modelación Biológica', Actividad 'Evaluación del Riesgo', Área temática 'Sistema de Alerta Temprana', Componente 'Salud Humana'. Grupo de Profundización en Hidroclimatología, Programa en Ingeniería Ambiental, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Final Report, 210 pg.

Ruiz, D., G. Poveda, I.D. Velez, M.L. Quiñones, G.L. Rua, L.E. Velasquez and J.S. Zuluaga (2006). Modelling entomological-climatic interactions of *Plasmodium falciparum* malaria transmission in two Colombian endemic-regions: contributions to a National Malaria Early Warning System. Malaria Journal 5:66; doi: 10.1186/1475-2875-5-66 (http://www.malariajournal.com/content/5/1/66).

Ruiz, D., S. Connor, and M. Thomson (2007; in press). A multimodel framework in support of malaria surveillance and control. In: Climatic Change, Seasonal Forecasts and Human Health - Advances in Global Change Research; Madeleine Thomson and Ricardo Garcia Herrera (ed.), Springer Science + Business Media, Dordrecht.

World Health Organization (2004). Using Climate to Predict Infectious Disease Outbreaks: A Review. Geneva: World Health Organization. (WHO/SDE/OEH/04.01).

Worrall, E., S.J. Connor and M.C. Thomson (2007). A model to simulate the impact of timing, coverage and transmission intensity on the effectiveness of indoor residual spraying (IRS) for malaria control. Tropical Medicine & International Health 12(1): 75-88.

Yang, H. (2000). Malaria transmission model for different levels of acquired immunity and temperature-dependent parameters (vector). Rev. Saúde Pública 34 (3): 223-231.

Yang, H. and M. Ferreira (2000). Assessing the effects of global warming and local social and economic conditions on the malaria transmission. Rev. Saúde Pública 34(3): 214-222.

TABLES

Table 1. Major exogenous variables of the mathematical models included in the multi-model ensemble

Description	Level of understanding of malaria transmission dynamics		
	Poor	**Partial**	**Good**
Community-based exogenous variables	(V1) Demographic census	Total human population at risk	Total individuals living in rural areas
			Total individuals living in urban areas
		Human population growth rate	Natural per-capita human birth rate
			Natural per-capita human mortality rate
			Differential (disease-induced) mortality rate or case-fatality rate
			Individual (economic-driven) and massive (displaced) migration patterns, expressed as total new individuals
	(V2) Conducted (or absent) control campaigns	Description of spray program	Total percentage coverage achieved by the spray program
			Percentage coverage achieved by the IRS program
			Percentage coverage achieved by space spraying of insecticides
		Description of activities blocking adult female-human host interactions	Total percentage coverage achieved by the blocking program
			Percentage coverage achieved by the screening program
			Percentage coverage achieved by the bed-net program
		Description of activities controlling immature mosquitoes	Percentage coverage achieved by the controlling program
			Percentage coverage achieved by the larvivorous fish program
			Percentage coverage achieved by biological larvicides
			Percentage coverage achieved by chemical larvicides
			Percentage coverage achieved by mechanical larvicides
		Description of environmental interventions	Percentage of modified breeding sites
			Percentage of manipulated breeding sites
	(V3) Description of surveillance activities	Total malaria positive cases	Proportion of cases reporting at health facilities
			Total *Plasmodium falciparum* positive cases
			Total *Plasmodium vivax* positive cases
		Description of particularities	Age distribution
			Gender distribution
			Locality – source of case
		Description of socioeconomic conditions prevailing in the communities at risk (Good, moderate, deteriorating)	Economic variables (poverty, basic needs, coverage of health services, coverage of treatment, living conditions, distance to water bodies, employment)
			Cultural variables (education level, water use, waste disposition, self-protection). For qualitative factors, see details
			Political variables (institutional arrangements, public interests). For qualitative factors, see details
Parasite exogenous variables	(V4) Prevalent parasite species	Duration of the sporogonic cycle/extrinsic	Number of degree-days required for the development of the parasite inside mosquito host
			Minimum temperature required for parasite development inside mosquito host

Description	Level of understanding of malaria transmission dynamics		
	Poor	Partial	Good
		cycle/vector delay	
		Drug resistance (evidences)	Drug resistance
Human host (individual) exogenous variables	(V5) Total host window	Host delay for infectivity	Duration of the *Exo-Erythrocytic Schizogony*
			Duration of the *Erythrocytic Schizogony*
		Host delay for immunity	Fixed period of time during which the infection endures (*Plasmodium vivax*)
			Fixed period of time during which the infection endures (*Plasmodium vivax*)
		Immunity window	Average time in the immune state or fixed period of time during which immunity endures
			Average period to build up an effective immune response
			Average period to build up a protective immunity
			Average period to build up a partial immunity
			Average period to build up an immunologic memory
	(V6) Description of individuals	Human inherent characteristics	Human resistance
			Human susceptibility
			HIV infections
			Human recovery
Mosquito population exogenous variables	(V7) Vector density	Vector natality	Availability of breeding sites (location, characteristics, seasonality)
			Daily rate of vector natality, or mosquito per-capita intrinsic growth rate, or rainfall to mosquito constant
			Rate of oviposition (in eggs/day or eggs/batch)
			Environmental carrying capacity
			Eggs becoming non-viable / eggs mortality multiplier
			Cycle duration from egg to larva-1st instar
			Larvae becoming non-viable / Larvae mortality multiplier
			Cycle duration from larva-1st instar to pupae
			Pupae becoming non-viable / Pupae mortality multiplier
			Cycle duration from pupae to imago stage
		Vector survivorship	Probability of a mosquito surviving through one whole day, or natural mortality
			Probability of a vector surviving each gonotrophic cycle
			Parity rate
			Induced (for instance, by insecticides) mortality of mosquitoes
			Percentage of vectors surviving each feeding cycle in sprayed population, if the campaign is carried out
			Resistance against insecticides
			Resting habitats (indoor/outdoor)
	(V8) Vector species	Vector biting or feeding frequency	Inoculation rate and transmission rate
			Number of degree-days required for the digestion of a portion of ingested blood
			Minimum temperature required for the digestion of a blood meal
			Human Blood Index
			Duration of the second and third phases of the gonotrophic cycle
			Feeding habit (indoor/outdoor)
		Vector infectivity and susceptibility	Sporozoite rate
			Proportion of *anophelines* with *sporozoites* in salivary glands which are actually infective
			Probability of becoming infected per infectious meal
			Probability of becoming infectious after an infectious blood meal
Environmental variables	(V9) General characterization of hydroclimatic conditions	Mean annual temperature and annual cycle	Mean daily ambient temperatures
			Minimum daily ambient temperatures
			Maximum daily ambient temperatures
		Total annual rainfall and annual cycle	Total daily rainfall records
		Mean annual relative humidity and annual cycle	Mean daily relative humidity
	(V10) General characterization of other environmental variables	Characterization of land use	Percentage of urban/rural areas
		Characterization of land cover	Normalized Difference Vegetation Index

Qualitative factors include: economic (none), cultural (disease knowledge, costumes and belief, and quality of health workshops), and political (social organizations or non-institutional arrangements, and auto-medication). The socio-economic conditions affect the following twelve variables: (1) the natural birth for the human host population, (2) the natural mortality rate for the human host population, (3) the differential (disease-induced) mortality for the human hosts, (4) the host delay (or length of the interval between infection -sporozoite inoculation- and the onset of infectivity -gametocyte maturation- in a human host), (5) the rate of oviposition of the vector population, (6) the natural resistance rate of human individuals against malaria, (7 to 10) the average periods to build up an immunologic memory, a partial immunity, a protective immunity, and an effective immune response in the human hosts, (11) the natural mortality of mosquitoes, and (12) the induced (for instance, by insecticides) mortality of mosquitoes.

Table 2. Summary of the levels of understanding for each of the selected eco-epidemiological scenarios

Description	Variables	ECO-EPIDEMIOLOGICAL SCENARIO Kisii District, highlands of Western Kenya	Nuqui region, lowlands of rural Colombia	El Bagre region, lowlands of rural Colombia	Chobe District, Northern Botswana
Community-based exogenous variables	(V1)	~	√	√	×
	(V2)	×	×	×	×
	(V3)	~	~	~	×
Parasite exogenous variables	(V4)	×	×	×	×
Human host (individual) exogenous variables	(V5)	×	×	×	×
	(V6)	×	×	×	×
Mosquito population exogenous variables	(V7)	×	√	√	×
Mosquito population exogenous variables	(V8)	×	√	×	×
Environmental variables	(V9)	√	√	√	×
	(V10)	×	×	×	×

×, **~**, and **√** depicts poor, partial and good levels of understanding, respectively.

Modelagem do gerenciamento sistêmico de ativos e passivos em Fundos de Pensão[1]

Ricardo Matos Chaim

Universidade de Brasília; DATAPREV; Fundação Getúlio Vargas
SAS Q. 02, bloco E/F, 1º andar
70.000-000 Brasília-DF Brazil
rmchaim1@yahoo.com.br

Resumo

A dinâmica de sistemas pode expandir a capacidade do modelo *Asset and Liability Management* (ALM) de gerir riscos em fundos de pensão. Uma abordagem integrada de gerenciamento de riscos em fundos de pensão pode focar a solvência ou a liquidez de arranjos securitários nesse tipo de organização. O controle da liquidez é meio para predizer cenários de longo prazo e desenvolver políticas integradas para ativos e passivos.

A natureza não financeira dos ativos em fundos de pensão e os compromissos futuros (passivos) de longo prazo influenciam a forma como estas instituições realizam o gerenciamento dos riscos a que estão expostas.

Uma vez que decisões sob incertezas se tornam complexas especialmente pela baixa compreensão dos interesses de longo prazo, o método da dinâmica de sistemas pode prover uma visão holística dos resultados de análises baseadas no ALM.

Palavras chave: dinâmica de sistemas, sistemas dinâmicos, gestão ativo passivo (ALM), seguridade social, modelos de fatores de risco, fundos de pensão

---

[1] Trabalho desenvolvido para o programa de doutorado em Ciência da Informação da Universidade de Brasília Trata-se da evolução do trabalho apresentado no Conferência Internacional da *System Dynamics Society* em Boston – EUA (jul/2007), com o título Dynamic Stochasticity in the control of liquidity in Asset and Liability Management (ALM) for pension funds (apoiado pela FINATEC) Agradecimentos à SBDS, UnB, DATAPREV, FINATEC e FGV/Brasília.

Abstract

System dynamics (SD) may amplify asset and liability management (ALM) methodology capability to better manage risks in Pension Funds. Therefore, many integrated ALM problem for pension funds has been modeled to address, among others, the solvency or the liquidity control in this kind of organization. The purpose is to provide long-term liquidity control prognoses for investment decisions as a way to forecast long-term scenarios and to develop an integrated policy for assets and liabilities.

Pension funds underlying assets non-financial nature and long-term liabilities dictate the nature of risk management.

Finally, since decisions under uncertainty become complex specially because of the low comprehension of system long term best interests as a whole, system dynamics methods may provide an holistic overview to the ALM analysis results.

Key words: system dynamics; asset/liability management(ALM); ALM risk management; social security; risk factors models; pension funds

Introdução

A dinâmica de sistemas pode expandir a capacidade do modelo *Asset and Liability Management* (ALM) de gerir riscos em fundos de pensão. Uma primeira intenção deste artigo é destacar os princípios gerais da modelagem em dinâmica de sistemas aplicáveis a modelos de ALM em fundos de pensão. Aspectos associados às variáveis do ALM são descritos e uma abordagem conceitual sobre a dinâmica do ALM é discutida.

Riscos devem ser tangibilizados e definidos em termos operacionais. Enquanto política de Estado para complementar benefícios providos pela Previdência Social pública, Fundos de pensão (ou entidades de previdência complementar) necessitam produzir retornos adequados às expectativas atuariais dos planos de benefícios e pagar diferentes tipos de benefícios no longo prazo.

Considerando a natureza não financeira de seus ativos, os passivos de longo prazo e a alta complexidade envolvida no equilíbrio entre os ativos e os passivos previdenciários do fundo de pensão, o gerenciamento de sua saúde financeira busca abordagens mais robustas que aquelas baseadas em médias e variâncias. Nesse sentido, o ALM pode prover algumas vantagens.

Finalmente, uma vez que decisões sob incertezas se tornam complexas especialmente pela baixa compreensão dos interesses de longo prazo, o método da dinâmica de sistemas pode prover uma visão holística dos resultados de análises baseadas no ALM. Tal associação pode ampliar a habilidade dos gerentes em explicitar conhecimento tácito, compreender a complexidade envolvida em sistemas desta natureza, projetar melhores políticas, melhorar o gerenciamento dos riscos e incrementar, dessa forma, as discussões e o aprendizado sobre gestão estratégica em fundos de pensão.

1 Seguridade Social e a dinâmica da gestão em Fundos de Pensão

A seguridade social é política de Estado que objetiva promover justiça social e bem-estar social por meio da proteção de trabalhadores e suas famílias contra os chamados riscos sociais básicos como doença, incapacidade, morte, idade avançada, maternidade e prisão. A tendência dos sistemas de previdência no mundo tem sido partir de um regime financeiro de repartição para o de capitalização.

No Brasil, uma entidade de previdência complementar é autorizada a gerir planos de benefício da modalidade benefício definido, contribuição definida ou contribuição variável. É regulada por legislação específica, basicamente as leis complementares 108 e 109, a resolução 3.121 do Conselho Monetário Nacional (CMN) e outros atos normativos do Conselho de Gestão da Previdência Complementar (CGPC) e da Secretaria de Previdência Complementar (SPC) do Ministério da Previdência Social (MPS).

Particularmente na última década, fundos de pensão no Brasil são um segmento em expansão, gerindo recursos na ordem de R$ 338 bilhões (BEPC - mar/2006) e pagando R$ 3 bilhões em benefícios de aposentadoria por idade, por tempo de contribuição, invalidez e pensões.

A legislação geral e específica sobre fundos de pensão demanda uma gestão baseada na estruturação de planos de benefícios, na execução de planos de investimentos e, por meio de avaliações atuariais periódicas, no controle de

ativos e passivos previdenciários, buscando o equilíbrio financeiro adequado e favorável aos participantes e patrocinadores do plano no longo prazo.

Sua missão é estruturar políticas de investimentos buscando uma estratégia de alocação otimizada e agir buscando crescimento sustentado e um comportamento socialmente responsável. Seu objetivo complexo é oferecer planos de benefícios e fixar um valor de contribuição capaz de propiciar uma receita adequada para manter o equilíbrio atuarial e assegurar o pagamento futuro do passivo caracterizado.

A gestão do fundo de pensão abrange a oferta de um ou mais planos de benefícios nas modalidades de benefício definido, contribuição definida ou contribuição variável. Um determinado participante ao contratar o plano e cumprir sua carência, caracteriza o passivo previdenciário com a materialização do direito ao complemento do seguro social ofertado pelo fundo de pensão.

Como instituição não financeira e com natureza não especulativa, a gestão dos ativos e passivos difere das gestões realizadas em organizações financeiras. Também, o gerenciamento dos riscos. DAS (1997, p. 551) lembra que os ativos podem ser ativos reais, como propriedades, fábricas e equipamentos, ativos intangíveis como imagem, propriedade intelectual, marcas, assim como ativos financeiros na forma de ações, participações ou outros investimentos.

A execução de planos de custeio, de benefícios e de investimento e as informações cadastrais sobre os salários e demografia dos participantes visam a constituição sistemática de reservas financeiras (conhecidas por reservas matemáticas) e seu controle rigoroso é requisito legal essencial para um fundo de pensão. A figura 1 ilustra o esquema geral de funcionamento de um fundo de pensão.

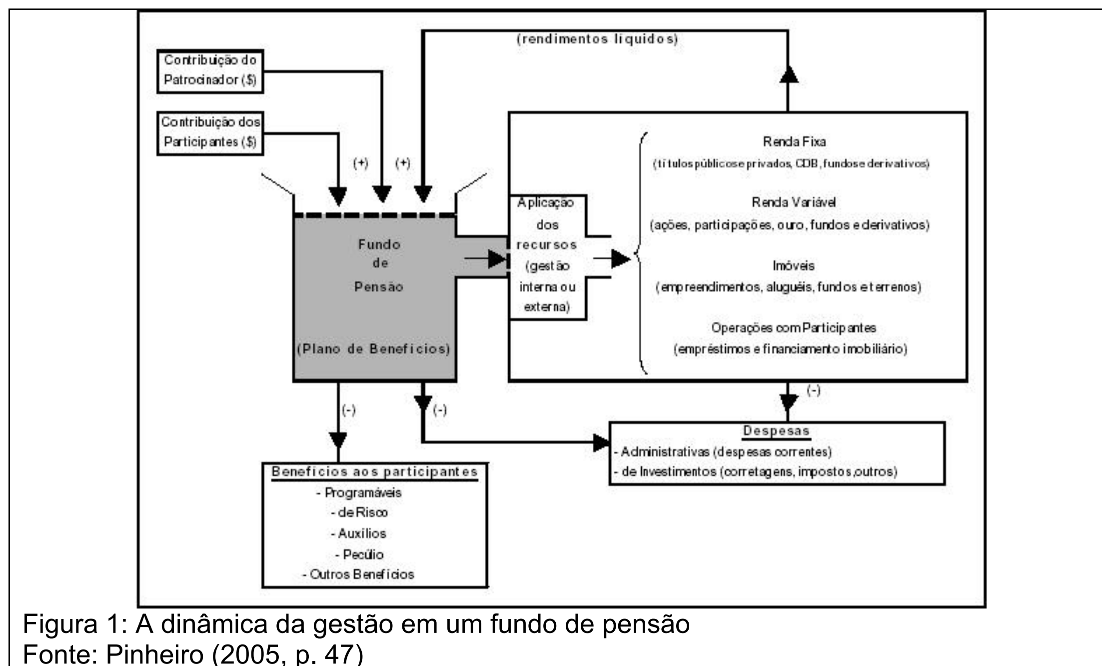


Figura 1: A dinâmica da gestão em um fundo de pensão
Fonte: Pinheiro (2005, p. 47)

Como pode ser observado na figura 1, o fluxo de recursos envolve recolher contribuições dos participantes e instituidores, aplicá-las em renda fixa, renda variável, imóveis e operações realizadas com participantes. Espera-se de um fundo de pensão, o pagamento pontual de benefícios programáveis ou não programáveis (risco inerente do fundo) e honrar com as despesas administrativas e de investimentos em sua operação diária.

Pinheiro (2005, p. 48) ressalta a estrutura de custos de um fundo de pensão como dependente, em proporção direta, dos seguintes fatores: (1) do nível de riscos atuariais assumidos pelo plano (sobrevida do aposentado, morte, invalidez e desemprego do participante, pensão necessária para a sobrevida da família do participante, etc); (2) da qualidade no gerenciamento dos riscos envolvidos; (3) do desempenho da carteira de investimentos do fundo de pensão e da administração de seus respectivos riscos financeiros; e (4) do custo geral de gestão e supervisão da entidade previdenciária.

Para os trabalhadores e suas organizações que pagam para um fundo de pensão, os passivos estão relacionados às pensões disponibilizadas pelas aposentadorias ou pensões. Essa natureza de longo prazo dos ativos financeiros implica em um conjunto de riscos inerentes aos fundos de pensão que devem ser tratados.

2 Gerenciamento das informações sobre riscos

Como definido pela CTPA (2001),

> risco não é uma idéia nova, embora como uma forma de gerenciamento ou como processo organizacional ainda é uma idéia em desenvolvimento. Ao longo dos últimos anos, as organizações tem buscado o gerenciamento de riscos como estratégia para ajudá-las a reduzir exposições a riscos de novos produtos, a incorporar tecnologias avançadas e a competir em mercados globais E, ainda, para habilitá-las a alocar e a usar seus escassos recursos da maneira mais eficiente e efetiva possível.

Para Bernstein (1997, p. 8), "a palavra ´risco´ deriva do italiano antigo risicare, que significa ´ousar´. Neste sentido, o risco é uma opção, e não um destino", o que imprime ao processo de gestão de informações sobre riscos uma natureza pró-ativa, sendo distintos os conceitos de informações sobre riscos, análise de informações sobre risco e gerenciamento de informações sobre risco.

Informações sobre riscos é a incerteza quantificável estatisticamente. É a medida da incerteza associada aos retornos esperados de investimentos. Traz consigo a possibilidade em transformar "ameaça de morte em oportunidade de ouro" (SULL e ESCOBARI, 2004, p. 51), evidenciando que atrás de um risco há uma oportunidade embutida.

A informação sobre risco pode ser entendida como a informação sobre a probabilidade ou desvio padrão em relação a previsões de métricas apuradas em comportamentos anteriores registrados (SECURATO, 1993, p. 27-30). Considera a ocorrência de cenários distintos e seu impacto em relação às estratégias pertinentes (MARCIAL, 2004, p. 44);

Por sua vez, análise de informações sobre riscos é a aplicação de qualquer modelo, quantitativo ou qualitativo para avaliar os impactos das informações sobre risco em situações de decisão. Envolve a identificação dos eventos e informações

sobre riscos e a análise dos impactos nas estruturas do negócio. Como resultado, produzem-se planos de ações e de contingências para evitar a ocorrência de crises, bem como projetam-se alternativas de decisão que otimizem a relação risco x retorno.

Por último, o gerenciamento das informações sobre riscos envolve pró-atividade por meio da estruturação e implantação de planos de ação ou contingência objetivando mitigar ou minimizar os efeitos de eventos futuros previsíveis que possam impedir ou dificultar o cumprimento dos objetivos estabelecidos pela organização.

O termo gerenciamento de risco algumas vezes tem sido confundido com gerência e sugere alguma habilidade em influenciar ou controlar eventos e isso nem sempre é o caso. Gerenciamento de risco é um processo formal onde os fatores de risco em um contexto particular são sistematicamente identificados, analisados, avaliados, listados e tratados.

Trata-se de uma abordagem pró-ativa, que envolve análise sistemática dos possíveis eventos e respostas a eles mais que um mero mecanismo reativo a eventos detectados. "O processo de gestão de riscos deve ser encarado como ciclo contínuo de aprendizagem e introdução de melhorias" (HILL e DINSDALE, 2003, p. 17).

As informações sobre risco podem ser vistas como probabilidade de ocorrência ou como variância de uma operação conhecida (SECURATO, 1993, p. 15). Como probabilidade, os esforços para amenizar riscos envolvem a sensibilização e internalização da cultura de gerenciamento de riscos. Esforços organizacionais para aprimorar a maturidade dos processos, levam a estágios de gerenciamento qualitativo dos riscos por meio da identificação e controle dos eventos de risco (CMU, 2006).

A gestão quantitativa dos riscos ocorre em estágios mais avançados, de maior maturidade dos processos e da organização, incluindo seus clientes e fornecedores (CMU, 2006) e normalmente envolve explicar a variância em relação a objetivos numéricos estabelecidos.

Os conceitos de risco e incerteza são distintos. Marshall (2002, p.80) ressalta:

> risco se aplica a resultados que, embora não certos, tenham probabilidades que possam ser estimadas pela experiência ou por dados estatísticos. A incerteza está presente quando o resultado não pode ser previsto, nem mesmo em um sentido probabilístico. Na prática, a incerteza está sempre presente e qualquer análise deve testar suas suposições de risco (distribuições teóricas) através da análise de sensibilidade, ou seja, utilizando suposições alternativas e avaliando o impacto da mudança.

Trata-se de análise pró-ativa e sistemática de eventos possíveis e predição das respectivas respostas a eles. É sobre gerenciar o futuro e não administrar eventos do passado.

3 Asset/Liability Management (ALM)

As séries históricas das informações estatísticas sobre retornos auxiliam os gestores a tomar decisões quanto à otimização das carteiras de investimentos. As metas e pareceres atuariais estabelecem os retornos mínimos exigíveis para a

manutenção dos compromissos do plano de benefícios e avaliam os custos do plano. O biometria dos participantes e seus dependentes, índices de mortalidade e de invalidez, expectativas de novos entrados auxiliam a projetar o passivo e os cenários futuros a considerar.

Além das regras e acordos dos planos de benefícios aos quais está contratualmente obrigado, o fundo de pensão está sujeito à influência de aspectos externos expressos em variáveis macroeconômicas relacionadas ao contexto político, econômico e social e às influências das variáveis biométricas e atuariais do universo de participantes do plano.

Esses múltiplos fatores são expressos em modelos econométricos diversos cuja finalidade é representar a complexidade da gestão de um fundo de pensão. Entre eles, o Asset and Liability Management (ALM) possui raízes na teoria de diversificação do portfólio e derivações posteriores e nas ciências atuariais.

As práticas para gerenciamento de informações sobre riscos e manutenção da solvência do fundo de pensão são influenciadas pela modalidade do plano de benefícios, como expresso por Ribeiro Filho, De la Rocque e Barcellos (2002): "contemplando a formação de um passivo atuarial, com compromissos futuros antecipadamente assumidos, o plano de benefício definido implica a possibilidade de desequilíbrio entre ativo e passivo".

Quando são consideradas as informações sobre os riscos de mercado, utilizam-se métricas para produzir informações sobre sua volatilidade e sensibilidade e, dessa forma, são caracterizados os riscos a que os ativos do fundo estão expostos.

Ao embutir incerteza, modelos diversos para estimar o desempenho dos ativos são utilizados baseados nas teorias que exploraram a relação risco x retorno como Markowitz, o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), a *asset pricing theory*, o Value-at-risk (v@r) e em técnicas como teste de *stress*, simulação de monte carlo, entre outras. A literatura refere-se como principal característica destes métodos sua capacidade em auxiliar os gestores de organizações financeiras a realizar estimativas para o curto prazo.

O ALM tem sido considerado como o modelo que melhor representa o equilíbrio entre ativos e passivos previdenciários no longo prazo. É capaz de representar o fluxo de caixa, apoiar a estruturação de planos de ação e de contingência e possibilitar a representação das interações entre variáveis em projeções de cenários de longo prazo.

É considerado um modelo de fatores que requer "mais tempo, mais recursos e muita informação para ser desenvolvido e exige dados mais detalhados sobre eventos e fatores de risco específicos que possam afetar os ativos e os passivos da organização" (MARSHALL, 2002, p. 81).

Modelo de grande complexidade, possibilita utilizar métodos determinísticos e estocásticos para controlar e predizer em fundos de pensão, as variáveis no longo prazo relativas a eventos econômicos (inflação, juros reais, prêmios das ações, rendimentos de empréstimos, imóveis, e participações permanentes), as biométricas (tábuas de mortalidade, comportamento da massa salarial e demografia dos participantes do plano) e, as atuariais (reservas matemáticas e desempenho esperado).

4 Dinâmica de sistemas

Para Dangerfield (2006), um sistema econômico abrange alta complexidade e a dinâmica de sistemas é um meio para considerá-la, representá-la e tratá-la. Tal abordagem auxilia na representação e caracterização da complexidade gerada pelas instabilidades produzidas por eventos como a passagem do tempo, atrasos, informações limitadas e incompletas relativas à inter-relação dinâmica e sistêmica entre as variáveis que compõem um sistema.

Ela requer a identificação: (1) das propriedades das informações por meio da identificação e descrição das variáveis do modelo; (2) do comportamento das informações por meio da representação dos níveis e estoques de informações do sistema; (3) das forças que regem o fluxo informacional por meio da compreensão das relações de retroalimentação (feedback) em estudos de relações de causa e efeito entre as informações que compõem as variáveis do modelo.

Para Santos (1992, p. 26), um elemento chave do método da dinâmica de sistemas é a identificação de relações de retroalimentação circulares fechadas, positivas ou negativas. Segundo o autor, a ênfase em loops causais pode ser importante ferramenta para delimitar os limites de um sistema e ordenar o que deve ser incluído em estudos de sistemas sociais, econômicos ou outros.

Tais processos demandam informações sobre o estado do sistema, sendo que na retroalimentação negativa, o comportamento é dirigido para uma meta. Na retroalimentação positiva, o comportamento pode gerar crescimento ou decréscimo exponencial, a presença destas forças pode ser suficiente para inviabilizar a aplicação de algumas políticas.

Pidd (1998, p. 191) afirma ser a dinâmica de sistemas baseada na teoria do controle, sendo "muito fácil e talvez melhor usar a dinâmica de sistemas em um modo interpretativo para tentar compreender diferentes pontos de vista sobre um sistema e sua possível operação".

Sterman (2000, p. 4) conceitua dinâmica de sistemas como um método para aumentar o aprendizado em sistemas complexos, para tratar políticas, caracterizar a natural resistência a elas e facilitar a comunicação.

Como atividade complexa, a formulação de uma política envolve a participação de atores distintos com interesses, muitas vezes, conflitantes. A implementação de uma política representa mudança e, como tal, gera reações e efeitos colaterais traduzidos por comportamentos de crescimento entre as variáveis de um sistema ou comportamentos dirigidos a um objetivo.

Aprender sobre sistemas dinâmicos complexos requer mais que ferramentas técnicas para criar modelos matemáticos. Dinâmica de sistemas é, fundamentalmente, interdisciplinar (STERMAN, 2000, p.4).

O autor entende que as mudanças devam ser sustentáveis e, ao comentar o perfil de um modelador, ele ressalta a necessidade de desenvolvimento da capacidade de se relacionar com tomadores de decisão; de criar um processo efetivo de aprendizagem organizacional; de focar nos problemas específicos e de aprimorar a habilidade para trabalhar em grupo.

A identificação e caracterização dos problemas é considerada fator crítico de sucesso para a produção de um modelo de sistema dinâmico. Ao modelador são requeridos rigor, disciplina e integridade, abstraindo-se de suas crenças pessoais e favorecendo mudanças, inclusive, no seu modo de pensar.

Como expresso por Sterman (2000, p. 86) no quadro 1, a dinâmica de sistemas propõe uma seqüência de passos que compreendem: a caracterização e detalhamento de um problema; a declaração de uma hipótese dinâmica para explicar as causas do problema; a estruturação de um modelo de simulação em computador do sistema para representar as derivações do problema considerando-se a visão sistêmica; o teste do modelo para certificar-se que ele reproduz o comportamento do sistema; a simulação e teste, no modelo, de políticas alternativas para apoiar a solução do problema; a implementação da solução, envolvendo procedimentos, sistemas e treinamento de pessoas.

Quadro 1: Passos do processo de modelagem de sistemas dinâmicos

Passos da modelagem	Atividades	Questões
Delimitação do problema	Seleção da idéia central	Qual o problema? Por que é um problema?
	Variáveis chave	Quais as variáveis chave e os conceitos a considerar?
	Horizonte temporal	Qual o tempo futuro a considerar? Que dados históricos podem ser utilizados para problema?
	Definição do problema dinâmico (modos de referência)	Qual o comportamento histórico dos conceitos chave e das variáveis? Qual o compo esperado?
Formulação da hipótese dinâmica	Geração da hipótese inicial	Que teorias podem explicar o problema?
	Foco interno	Formular uma hipótese dinâmica que explique a dinâmica como conseqüência estruturas de feedback
	Mapeamento	Desenvolver mapas das estruturas causais baseadas nas hipóteses iniciais, variáveis de referência e outros dados disponíveis
Estruturar um modelo de simulação	Estrutura do modelo	Especificar as estruturas e regras de decisão
	Parametrização	Estimar os parâmetros, relacionamentos comportamentais e condições iniciais.
	Estimação	Estimar os parâmetros, relacionamentos comportamentais e condições iniciais
	Teste	Testar a consistência com as proposições iniciais e limites estabelecidos
Testes	Comparar com modos de referência	O modelo imita o comportamento previsto de forma adequada?
	Consistência	Quando testado em condições extremas, o modelo reage de modo a imitar a realidade
	Sensibilidade	Como o modelo reage a incertezas quanto aos parâmetros, condições iniciais, limites
Projeto e avaliação de políticas'	Especificação de cenários	Que condições ambientais podem surgir?
	Projeto de políticas	Quais novas regras de decisão, estratégias e estruturas podem ser experimentadas Como podem ser representadas no modelo?

	Análise “se-então”	Quais os efeitos da política?
	Análise de sensibilidade	Quão robustas são as recomendações da política sob cenários distintos e incertezas (
	Interações entre políticas	As políticas interagem? São sinergias ou respostas compensatórias?

Fonte: Adaptado de Sterman (2000, p. 86)

Uma vez que a abordagem do problema é iterativa, ao passar por cada um dos passos descritos, é necessário rever e refinar as definições do passo anterior. Para Ehrlich (2005), modelos de sistemas dinâmicos são construídos a partir de apenas três componentes: variáveis (e suas flechas de conexões); registros que controlam fluxos; e, acumuladores (estoques).

Ehrlich (2005) resume as características de sistemas dinâmicos pela importância dos comportamentos ao longo do tempo (behaviour over time – BOT); pelas dificuldades em identificar facilmente relações causais (estímulos e respostas); e, pelo trato da inércia gerada por atrasos e comportamentos autônomos próprios do sistema.

O autor lembra que um tipo de sub-sistema que causa inércia é o dos decisores com seus processos mentais, pois eles demoram na assimilação de novas informações e na reformulação de conhecimentos (percepções e suas incorporações). Para Pidd (1998, p. 169), as informações para a tomada de decisão "podem chegar atrasadas, serem mal interpretadas ou distorcidas" (PIDD, 1998, p. 169).

Na gestão dos fundos de pensão, a necessidade de medir e avaliar as informações sobre riscos demanda a utilização de modelos multi-fatores como o ALM e outros métodos. A dinâmica de sistemas, uma vez que considera a visão e pensamento sistêmico, possibilita representar e, até mesmo, simular a complexidade no inter-relacionamento dinâmico entre as variáveis do sistema.

4 ALM dinâmico

No caso dos fundos de pensão, por ser o regime de previdência privada de caráter complementar, voluntário e organizado de maneira autônoma em relação à previdência social pública (PINHEIRO, 2005, p. 43) e por serem os riscos associados a ativos de longo prazo e a passivos previdenciários de relevante impacto social, esta temática têm sido objeto de investigação por diversos pesquisadores que buscam compreender sua natureza e particularidades.

Fica evidente a significância da investigação de questões ligadas à previdência complementar, tanto pelos seus aspectos de natureza mais geral, ligados às políticas públicas de caráter social no país, como pelo seus aspectos associados ao indivíduo, sob a perspectiva da busca da segurança econômica ligadas à longevidade, implicando em esquemas securitários que ofereçam benefícios além do piso de proteção social, com vistas à manutenção do padrão de vida na fase pós-laborativa (PINHEIRO, 2005, p. 26).

Assim, as políticas estabelecidas para um fundo de pensão buscam, em última instância, "a satisfação da população envolvida, em primeiro lugar a assalariada e, depois, a aposentada" (BOULIER e DUPRÉ, 2003, p. 111). O artigo terceiro da LC 109, estabelece que,

> Art. 3o A ação do Estado será exercida com o objetivo de:
>
> I - formular a política de previdência complementar;
>
> II - disciplinar, coordenar e supervisionar as atividades reguladas por esta Lei Complementar, compatibilizando-as com as políticas previdenciária e de desenvolvimento social e econômico-financeiro;

III - determinar padrões mínimos de segurança econômico-financeira e atuarial, com fins específicos de preservar a liquidez, a solvência e o equilíbrio dos planos de benefícios, isoladamente, e de cada entidade de previdência complementar, no conjunto de suas atividades;

IV - assegurar aos participantes e assistidos o pleno acesso às informações relativas à gestão de seus respectivos planos de benefícios;

V - fiscalizar as entidades de previdência complementar, suas operações e aplicar penalidades; e

VI - proteger os interesses dos participantes e assistidos dos planos de benefícios.

Desse modo, é possível caracterizar o possível superávit ou déficit ao longo do tempo e tratá-lo tempestivamente por meio de ajustes nas políticas de gestão e financiamento do fundo ou pela realização, por exemplo, de reduções de contribuições ou de novos aportes realizados pelos participantes e patrocinadores de forma a manter equilibrado, atuarialmente, o plano de benefícios.

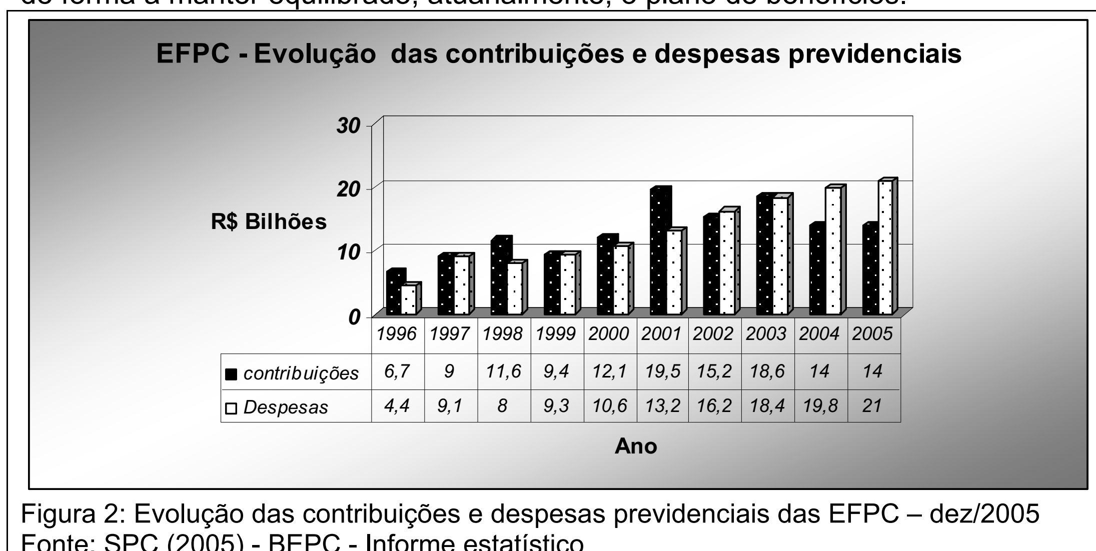


Figura 2: Evolução das contribuições e despesas previdenciais das EFPC – dez/2005
Fonte: SPC (2005) - BEPC - Informe estatístico

A figura 2 ilustra, para o segmento de previdência complementar como um todo, a dinâmica das contribuições e pagamento de benefícios nos últimos dez anos. É possível estruturar a hipótese dinâmica do estudo, a partir da observação de Boulier e Dupré (2003):

> uma vez que o fundo de pensão não tem por objetivo produzir lucro, mas, pagar aposentadorias, a idéia de administrar o portfólio em função dos desembolsos, dos pagamentos futuros e atuais das aposentadorias, é tão natural que pode até parecer banal. Entretanto, sua formalização é muito recente e não se viram ainda todas as conseqüências desta racionalização (BOULIER e DUPRÉ, 2003, p. 113).

O conceito de risco significa identificar e controlar eventos que possam frustrar a realização dos objetivos da instituição.

O gerenciamento de riscos envolve melhorar processos, particularmente a gestão do equilíbrio financeiro do plano, por meio de controle da variância em relação ao comportamento esperado, acompanhamento de externalidades que impactem a instituição – como alteração da demografia, envelhecimento da população, expectativas de vida ao nascer, comportamento do segmento, entre

outros - e, até mesmo, estimar a probabilidade de ocorrência de eventos futuros ou do comportamento futuro das variáveis aleatórias dos planos de benefícios de um fundo de pensão.

Boulier e Dupré (2003, p. 154) evidenciam a diferença essencial entre um gestor financeiro e um gestor de fundo de pensões:

> o objetivo da gestão consiste sempre em otimizar um certo critério. Um objetivo simples poderia ser maximizar o valor esperado dos ativos de um fundo para um horizonte de investimentos dado. É como age um gestor de *portfólio*. Mas o objetivo de um gestor de fundo de aposentadoria está mais voltado para garantir o pagamento das pensões do que para a maximização do valor do ativo, tentando, ao mesmo tempo, reduzir os valores das contribuições dos participantes

Boulier e Dupré (2003, p. 147-162) referem-se à necessidade do gestor de fundo de pensão otimizar a alocação da carteira de ativos (portfólio) a partir do passivo conhecido e relativamente constante.

Destaca a necessidade de “modelar a interação entre a política de gestão e, portanto, a alocação estratégica, e a política de financiamento do fundo, ou em outras palavras as contribuições” com os modelos buscando equilibrar no caso dos planos de benefício definido, “a proporção de ações no fundo, para minimizar as contribuições sem, todavia, variá-las demais” (BOULIER e DUPRÉ, 2003, p. 147).

Ao comentar pressupostos dos diversos modelos propostos para otimização dinâmica dos ativos, Boulier e Dupré (2003, p. 148-150) evidenciam as simplificações realizadas: são mantidas constantes variáveis como as características da população contribuindo ao fundo (número e taxa de mortalidade), taxas de juros e taxas de inflação.

Os autores referem-se às estratégias utilizadas por gestores de fundos de pensão em relação às políticas de investimento e às políticas de contribuição e o interesse em manter um nível pré-determinado de valor do ativo.

Em tais simplificações, índices simples como o de solvência do fundo, ajudam a controlar os possíveis desequilíbrios e manter equilibrado o plano. O equilíbrio do fundo é considerado como ponto de partida para avaliar os impactos de determinadas decisões em relação aos riscos assumidos e às variáveis aleatórias em questão.

Uma vez que revelam a complexidade e a dinâmica das relações entre ativo e passivo, entre as observações de Boulier e Dupré(2003, p. 147-152 relevantes para este estudo, destacam-se:

(a) “o montante de contribuições dos assalariados e de seu empregador e a política de investimentos do fundo são interdependentes”;

(b) “a virtude de um modelo simples é o fato de permitir esclarecer as principais ligações econômicas que estão em jogo”;

(c) alguns modelos procuram “equilibrar, no caso das pensões definidas, a proporção de ações no fundo, para minimizar as contribuições sem todavia variá-las demais”;

(d) ”aumentar a alocação em ação se traduz (para o caso dos benefícios definidos) por uma instabilidade das contribuições, mas permite abaixar o valor médio das mesmas”;

(e) “a alocação em ações é uma função crescente do prêmio de risco e do número de anos de capitalização, e decrescente da volatilidade, da riqueza e da taxa de juros”;

(f) ”quanto mais o índice de capitalização for elevado, menos o ativo do fundo será investido em ações. A interpretação econômica deste fato é uma pressão dos beneficiários futuros do fundo, que são os atuais contribuintes e receiam um aumento de contribuições“;

(g) “em demografia constante, um fundo suficientemente rico deve se contentar em ter uma rentabilidade mais próxima daquela dos ativos de menor risco”;

(h) “a remuneração projetada para o ativo de risco é, portanto, igual à taxa livre de risco acrescida de um prêmio de risco”;

(i) “o montante total das pensões pagas por unidade de tempo aumenta supostamente ao mesmo ritmo que a inflação”;

(j) o objetivo do fundo é definido como “tendo as referências das pensões e do valor de mercado do ativo de risco (grandezas observadas), trata-se de definir qual é a política de gestão ótima para este critério”;

(k) “quanto menor for o capital do fundo, maior será a parte investida em ativo de risco e mais altas as contribuições”;

(l) “quanto maior for o capital do fundo em relação às pensões pagas, menos ele precisará correr riscos e mais se mostrará conservador e com aversão ao risco”.

Tais declarações de Boulier e Dupré (2003) acentuam o inter-relacionamento sistêmico entre as diversas variáveis controladas por um fundo de pensão. Para Chaim (2006), a dinâmica de sistemas permite representar as relações dinâmicas entre as variáveis por meio da estruturação de modelos dinâmicos, baseados nos princípios do método da dinâmica de sistemas.

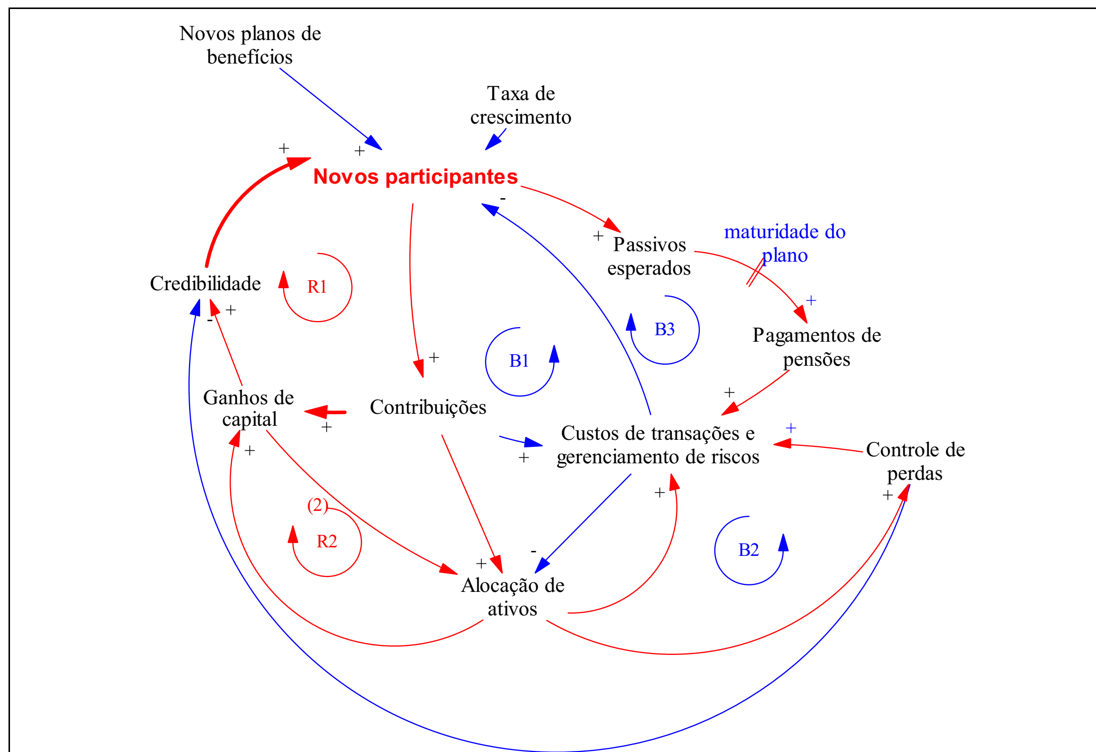


Figura 3: Diagrama de causa e efeito para um fundo de pensão

Fonte: Chaim (2006)

O conceito de feedback é um dos conceitos centrais da dinâmica de sistemas (STERMAN, 2000, p. 137). No caso da figura 3, evidencia-se a influências causais entre as variáveis que compõem o fluxo de ativos: mais participantes significa mais contribuições o que gera mais ganhos de capital pelo processo de alocação de ativos, ocasionando mais credibilidade o que pode, potencialmente, atrair mais participantes.

Configura-se, portanto, uma relação circular positiva, o que pode gerar um crescimento exponencial. Contudo, outras forças compensatórias agem equilibrando tal crescimento. A necessidade de gerir os riscos, as perdas e os custos de transações equilibram o processo de alocação de ativos e, caso não estejam bem controladas, podem influenciar os índices de adesão de novos participantes.

Adicione-se o fluxo do passivo previdenciário que, após um período de acumulação intensifica o pagamento de pensões e inicia a fase de maturidade do plano de benefícios, onde os recursos acumulados deverão ser devolvidos aos participantes na forma de pagamento de pensões.

Esta fase também envolve a gestão de riscos e controle de custos e perdas. Para Chaim(2006), os riscos devem ser caracterizados operacionalmente e tangibilizados, sendo necessário identificar os diversos fatores de risco interferindo nas relações entre as variáveis do modelo dinâmico.

Quadro 2: Fase, drivers de decisão, fatores de risco e ações típicas

Fase	"Drivers" de Decisão	Fatores de Risco	Ações Típicas
Acumulação	↑alocação estratégica de ativos	- poucos participantes - baixas contribuições (riscos de mercado) - baixa rentabilidade - baixa credibilidade	- estruturacao de *portfólio* de ativos com risco para manter credibilidade, buscar maior retorno e, quando for o caso, atender às expectativas de participantes com perfil mais arrojado (população jovem) - interesse em mais adesões para reduzir custos e obter maior acumulação - empréstimos a participantes e outras facilidades visam agregar valor, aumentar a credibilidade e, potencialmente, gerar novas adesões
Maturidade	↓ alocação estratégica de ativos ↑Pagamentos pontuais	- contribuições inadequadas (riscos de liquidez) - baixa solvência (riscos de liquidez) - menores retornos (riscos de liquidez)	- uma carteira com ativos de menor risco é estruturada para assegurar retornos liquidos para cumprir o passivo previdenciário - plano de benefício, normalmente, fechado para novas adesões; - os empréstimos seguem um comportamento histórico para manter credibilidade (riscos de crédito, normalmente diluídos pelo volume de empréstimos realizados)
Em todos os estágios	↑Implementar novos planos de benefícios ↑ Melhor gestão de ativos ↑Menores custos ↑Solvência adequada ↑Altos rendimentos	- Riscos legais: manter-se fora dos limites fixados pela legislação - Má Compliance - Descumprimento de obrigações legais e perda de prazos legais - Má governança corporativa - Altos custos de transação	- Monitoramento de mercado (benchmarking) - Avaliações atuariais - Enfase em restrições atuariais e no equilíbrio do plano Busca-se programas para aperfeiçoar controles internos, melhorar as práticas de gestão, avaliar alternativas de investimento e, assim, melhorar a governça corporativa da organizaçãoEconomias de escala pelo volume de transações e o controle do fluxo de informações para melhorar as decisões e agir em conformidade às necessidades

Fonte: Adaptado de Chaim (2006)

Para o autor, no quadro 2 as declarações sobre os fatores de risco se apresentam como declarações positivas, significando que a declaração "poucos participantes", por exemplo, traz à fase de acumulação a necessidade de manter controladas a variável "volume de participantes" e suas implicações no modelo dinâmico do fundo de pensão em relação à acumulação prevista e aos passivos estimados.

Nesta fase, as estratégias estão voltadas para aumentar a rentabilidade do fundo, principalmente, por processos de alocação estratégica de ativos. A lógica do quadro não desconsidera a importância desta estratégia nas demais fases, apenas a destaca como driver ou como motivador principal das ações dos gestores de fundos de pensão.

O processo de gestão de ativos e passivos em fundos de pensão envolve, de um lado, a constituição de planos de benefícios, investimento e custeio, o acompanhamento do fluxo de caixa, os níveis de liquidez, o controle de indicadores, e o aprimoramento das estratégias de investimento para otimizá-los.

De outro lado, envolve um processo de avaliação atuarial capaz de manter controlados “os riscos demográficos e atuariais envolvidos na constituição da reserva matemática dos benefícios programados de aposentadoria dentro dos planos de benefício definido e contribuição definida” (PINHEIRO, 2005, p. ix). Nesse sentido, como pode ser verificado no quadro 3, o autor destaca uma série de variáveis e as consequências de sua variações.

Quadro 3: Variáveis e consequências de sua variação

Tipo Variável	Variável	Evento	Consequência
Econômicas	Taxa de juros	Alta taxa de juros	Menor valor presente do passivo
	Rentabilidade investimentos	Maior rentabilidade	Maiores reservas individuais
	Salários	Maior crescimento real dos salários	Maior o custo previdenciário estimado
	Valor benefício Previdência Social	Menor salário de benefício Maior idade no momento da aposentadoria Maior tempo de contribuição Maior expectativa de sobrevida no momento da aposentadoria	Menores reservas matemáticas
	Inflação	Maiores taxas de inflação de longo prazo (maior a perda inflacionária)	Menores custos de aposentadorias e pensões nos planos de benefícios Menor poder aquisitivo das pensões e aposentadorias (fator de capacidade de benefício) Menores remunerações (fator de capacidade salarial) Menores valores atuais dos benefícios futuros
Demográficas	Mortalidade	Maior longevidade	Maior nível de reservas
	Entrada em invalidez	Maior probabilidade de entrar em invalidez	Maiores valor da reserva matemática Maiores custos das aposentadorias
	Geração futura novos entrados	Menor a idade de entrada Maior o contingente de novos entrados	Maiores alíquotas de contribuição Menores provisões matemáticas
	Rotatividade	Maiores taxas de rotatividade	Menores custos de aposentadoria Menores taxas de contribuição
	Composição familiar	Maiores idades médias dos membros das famílias	Maior valor atual dos benefícios futuros
Outras	Idade aposentadoria	Maior idade de recolhimento	Menores reservas matemáticas
	Idade entrada no emprego	Menor a idade para os novos entrantes	Menor o tempo de financiamento do valor atual dos benefícios futuros Menores alíquotas de contribuição
	Taxa contribuição	Maiores taxas de contribuição	Maiores reservas individuais

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2005, p. 43-58)

Na gestão de um fundo de pensão, a dinâmica do inter-relacionamento dinâmico entre as variáveis relacionadas ao desempenho de carteiras de investimento e hipóteses/premissas atuariais relativas à biometria dos participantes, tábuas de mortalidade e invalidez e equilíbrio entre ativo e passivo podem ser verificadas na figura 4. Busca-se representar a dinâmica dos ativos, da formação de reservas matemáticas, do controle dos custos do plano, da formação dos passivos e de novas adesões ao plano (novos entrados).

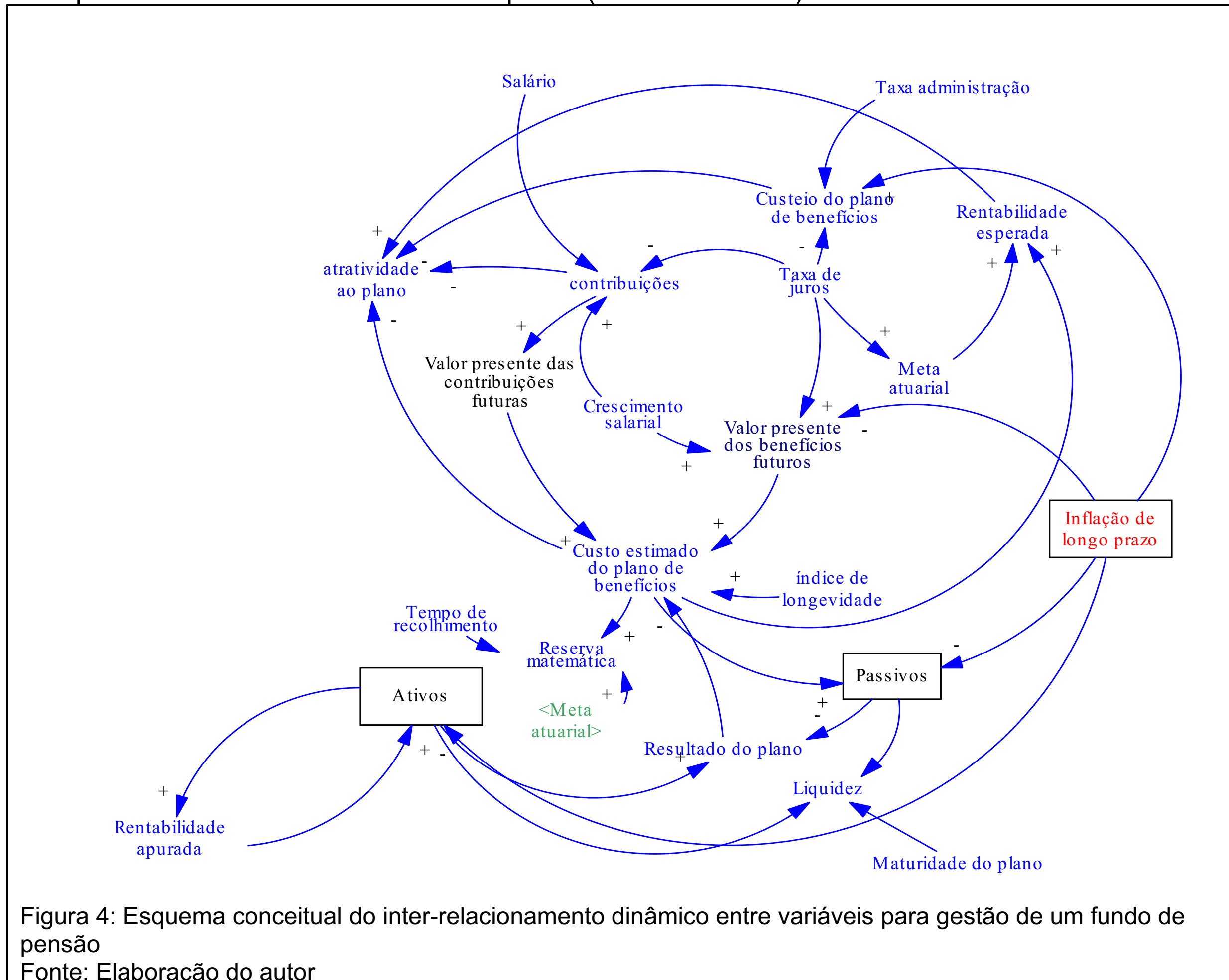


Figura 4: Esquema conceitual do inter-relacionamento dinâmico entre variáveis para gestão de um fundo de pensão
Fonte: Elaboração do autor

Assim, o modelo ALM busca gerir ativos e passivos em fundos de pensão pela "necessidade de se equilibrar fluxos financeiros devidos (no passivo) e recebidos (no ativo) e de administrar os riscos financeiros gerados pela sua diferença" (BOULIER e DUPRÉ, 2003, P. 113), ou, de outra forma, busca apoiar os administradores de fundos de pensão a cumprir o estabelecido no artigo sexto da resolução CMN 3.121/2003

> determinar a aplicação dos recursos dos planos de benefícios da entidade levando em consideração as suas especificidades, tais como as modalidades de seus planos de benefícios e as características de suas obrigações, com vistas à

manutenção do necessário equilíbrio econômico-financeiro entre os seus ativos e o respectivo passivo atuarial e as demais obrigações

A dinâmica de sistemas, por sua vez, busca representar as diversas variáveis de um sistema, seu relacionamento e, como mencionado por Affeldt (2006), busca responder à três questões básicas: o que flui em um sistema, o que ele armazena e que fatores causam seu comportamento.

Para o autor, apenas desenvolver as respostas incrementa as bases conceituais da organização pois força os administradores a focar nos problemas sob diferentes perspectivas. Uma vez que o sistema é um ambiente relacional, os processos, sua interação e respectivas atividades são inter-dependentes por meio de relações causais entre variáveis.

No diagrama da figura 4, observam-se algumas relações circulares entre as variáveis do modelo, indicando-se se são relações de reforço ou equilíbrio:

(1) Mais ativos geram mais ativos (ganhos de capital): ativos → rentabilidade apurada → ativos (Reforço);

(2) Mais ativos, maior fluxo de novos participantes: ativos →(+) resultado do plano → (-)custo estimado do plano → (-)atratividade ao plano → (+) novos entrados → (+) ativos (Reforço);

(3) Passivos geram mais custos ao plano: passivos → (-)resultado do plano → (-) custo estimado do plano → (+)passivos (Reforço);

(4) Plano atrativo, reduz custos o que gera mais atratividade a ele: atratividade ao plano → (+) novos entrados → (+) ativos → (+) resultado do plano → (-)custo estimado do plano de benefícios → (-) atratividade ao plano (Reforço);

(5) Mais ativos, menores custos, maior atratividade do plano: ativos → (+)resultado do plano → (-)custo estimado do plano → (+)rentabilidade esperada → (+)atratividade ao plano → (+)novos entrados → (+)ativos (Equilíbrio)

(6) Rentabilidade é influenciada pela redução de custos: rentabilidade esperada → (+)atratividade ao plano → (+)novos entrados → (+)ativos → (+)Resultado do plano → (-) custo estimado do plano → (+) rentabilidade esperada (Equilíbrio)

(7) Maior custeio do plano, menor atratividade do plano: atratividade ao plano → (+) novos entrados → (+)custeio do plano de benefícios → (-) atratividade ao plano (B)

(8) Maior atratividade ao plano, menores custos: atratividade ao plano → (+) novos entrados → (+) ativos → (+) resultado do plano → (-) custo estimado do plano → (+) rentabilidade esperada → (+) atratividade ao plano (Equilíbrio)

(9) O custeio influencia o fluxo de novos participantes: custeio do plano → (-) atratividade ao plano → (+) novos entrados → (+) custeio do plano (Equilíbrio)

Na primeira delas, mais ativos geram mais rentabilidade apurada. O fluxo de novos entrados gera mais ativos e maior possibilidade de mais ganhos de capital. Com inflação, esses fluxos tendem a se reduzir.

A atratividade do plano influencia os fluxos de novos participantes. Assim, ações, como redução dos custos estimados do plano de benefícios, redução das contribuições ou redução do custeio podem tornar o plano mais atrativo. Em contrapartida, há necessidade de contratação de pessoal especializado, de desenvolvimento de métodos para aprimorar o gerenciamento dos riscos a que o

fundo de pensão está exposto e de implantação de mecanismos para controlar e manter em níveis adequados a solvência e a liquidez do fundo.

O custo estimado do plano é variável que sofre influência da maior parte das variáveis do modelo. Muitas variáveis interferem em sua estimação: os índices de rotatividade, a idade dos participantes e familiares, os índices de mortalidade e invalidez, as contribuições, a inflação de longo prazo, a taxa de juro, as taxas de crescimento salarial, o tempo de recolhimento.

Os custos estimados do plano influenciam diretamente o passivo que reflete no resultado do plano e influencia os custos, revelando uma relação circular entre essas variáveis. Os ativos também interferem nessa relação e alteram o resultado do plano. Uma boa gestão de ativos pode gerar mais ativos, capazes de compensar os custos estimados e influenciar as reservas matemáticas.

A representação das relações de causa e efeito na gestão das informações sobre os fatores de risco utilizados pelo ALM pode utilizar os resultados de estudos de regressão linear múltipla ou equações estruturais em índices e taxas que ajudem a caracterizar e explicar o comportamento do sistema.

Sterman (2000, p. 41- 43) refere-se a estudos de correlação como diferentes de estudos de relações causais. Para ele, relações causais retratam a influência entre as variáveis e buscam evidenciar a estrutura do sistema, o que define seu comportamento, enquanto as correlações refletem o comportamento passado do sistema. Para ele, as correlações emergem, naturalmente, de seu comportamento, uma vez que a estrutura produz o comportamento, que é sensível às políticas e circunstâncias novas que aparecem e alteram as influências entre as variáveis.

Para Forrester (1971, p. 17), a construção de um modelo de computador de um sistema social e a seleção e organização da informação sobre o sistema real são cruciais e de grande complexidade. Geralmente, o pesquisador sempre está em desvantagem, seja pela falta ou pelo excesso de informação a se escolher. A informação disponível não somente é maior do que a informação adequada para se representar, como também está desestruturada. Os fragmentos de informação devem ser organizados e tal organização leva à representação da estrutura e da complexidade do sistema.

A gestão das informações sobre os fatores de risco utilizados pelo ALM em fundos de pensão é atividade complexa. Por conseqüência, a representação de sua dinâmica sistêmica torna-se, também, complexa, em função do grande número de detalhes e de variáveis envolvidos nesse processo. Por essa razão, optou-se pela seleção de um aspecto da gestão das informações sobre os fatores de risco utilizados pelo ALM para ser representado na dinâmica sistêmica do processo de gestão em tela. A opção pela representação da dinâmica sistêmica na administração do *portfolio* de ativos em função dos desembolsos, dos pagamentos futuros e atuais das aposentadorias, justifica-se pela importância desse aspecto gerencial na gestão de fundos de pensão.

Pode-se inferir da opinião dos especialistas (atuários e gestores financeiros) que o fundo de pensão tem por missão estruturar políticas de investimento, estabelecer estratégias para alocar ativos de forma otimizada e agir para obter rentabilidade dos ativos adequada ao pagamento dos benefícios futuros com base em comportamento prudente e socialmente responsável. Portanto, o objetivo complexo das políticas de um fundo de pensão é assegurar sua solvência e

liquidez em níveis adequados à manutenção de sua credibilidade e ao cumprimento das promessas contratadas pelos participantes e patrocinadores, nos termos do que está estabelecido no plano de benefícios.

O regulamento dos planos de benefícios expressa as condições de elegibilidade para os benefícios programáveis ou de risco neles previstos. Os benefícios de risco estão vinculados à ocorrência de um evento aleatório que representa a perda da capacidade laboral e não são passíveis de prever em regulamento a data certa para seu pagamento. Nos benefícios programáveis, é possível prever a data de início de seus pagamentos.

Os fundos de pensão devem fixar um valor de contribuição capaz de propiciar uma receita adequada para manter o equilíbrio atuarial do plano e assegurar rentabilidade suficiente para o pagamento futuro de seu passivo previdenciário. A seleção de ativos deve, com base em gestão prudente e responsável, resguardar o fundo de pensão dos riscos de mercado, de liquidez e de crédito a que está exposto ao longo do tempo. A fase de maturidade traz consigo a necessidade de desmobilização dos ativos. Com o falecimento do último participante, deverá ocorrer a extinção do fundo.

Forrester (1971, p. 67) refere-se a pressupostos como as forças que influenciam um sistema cuja inter-relação pode ser mapeada por um modelo dinâmico. Para Forrester, os pressupostos são muito próximos da faixa de crença em que os atores do sistema estão atuando. Parecem-se com as políticas que o governam. Para ele, a explicitação dos pressupostos é o que permite representar as implicações dinâmicas do sistema.

Como comentado por Porter (1989), os fundos têm preocupação com credibilidade e imagem como estratégias para aumentar seu valor e gerar vantagem competitiva, o que melhora os índices de atratividade do plano e possibilita incrementar a gestão das informações sobre os novos entrados, a rotatividade, a longevidade, os salários e a maturidade do plano.

A Dinâmica de Sistemas propicia ao ALM melhor gestão do ambiente informacional, uma vez que Sterman (2000) e Forrester (1971) referem-se à sua capacidade de tratar a inter-relação dinâmica e complexa entre as variáveis do sistema, no caso os fundos de pensão. Ela permite a modelagem e o mapeamento dos fatores, considerada a complexidade gerada pela interação entre diversos atores com conhecimentos, práticas distintas e orientações, por vezes, divergentes. Agrega valor ao ALM por permitir identificar, observar e descrever o “ambiente informacional, suas características e particularidades“ (DAVENPORT,1998), combinadas com as informações obtidas junto ao ambiente externo e particulares ao ambiente organizacional.

A partir das informações obtidas dos gestores financeiros e atuários de fundos de pensão, verificou-se que os passivos são estimados com base em pressupostos atuariais e em expectativas de rentabilidade e decrementos populacionais do plano. No ponto de vista dos gestores financeiros e dos atuários, os ativos devem considerar as informações sobre os passivos para buscar uma alocação não apenas baseada nos retornos, mas que procure reduzir os riscos de mercado, de liquidez e de crédito a que estão expostos.

Para a modelagem de sistemas dinâmicos, os seguintes passos foram realizados de modo a conceituá-lo:

(A) delimitação do problema:

(a) seleção da idéia central do problema a ser representado: administrar o casamento entre ativos e passivos de modo a realizar os investimentos em função dos desembolsos, dos pagamentos futuros e atuais das aposentadorias;

(b) variáveis-chave e conceitos a se considerar: obtidos junto à literatura, complementados pelas respostas dos atuários e gestores financeiros nas entrevistas e no questionário. São eles: ativos, taxas de retorno, enquadramentos de ativos, objetivos, taxa de juro livre de risco, descasamentos de receitas, descasamentos esperados, passivo previdenciário, objetivos atuariais, descasamento em relação a passivos, reservas legais, descasamento na maturidade do plano, fluxos de caixa, métricas de risco sistemático, descasamentos temporários, volatilidade, valor de mercado dos ativos do fundo, determinação de alocação otimizada dos ativos do fundo, valor de mercado da carteira, resultado do plano, restrições orçamentárias, resultados de investimentos indiretos, riscos de liquidez, de mercado e de crédito e custos de transação;

(c) horizonte temporal: o tempo futuro a ser considerado compreende o período entre a data de adesão do participante ao plano de benefício e a data de sua morte;

(d) problema dinâmico (modos de referência): o comportamento histórico dos conceitos-chave e das variáveis baseia-se nas equações da matemática financeira e da matemática atuarial, como descrito no ANEXO D;

(B) Formulação da hipótese dinâmica:

(a) geração da hipótese inicial: a teoria que explica o problema refere-se ao casamento entre os ativos e os passivos do fundo de pensão que deve estar refletido nos índices de liquidez e solvência;

(b) foco interno: a hipótese dinâmica, que explica as conseqüências internas das estruturas de feedback, é: quando se alteram as premissas atuariais relativas a taxas de juro, a incrementos salariais, a fatores de capacidade de benefícios e salários e a taxas de administração do plano do fundo de pensão, dentre outras, os passivos são impactados e seu descasamento em relação aos ativos é iminente;

(c) mapeamento: foram desenvolvidos os mapas das estruturas causais baseadas nas variáveis-chave: ativos, taxas de retorno, enquadramentos de ativos, objetivos, taxa de juro livre de risco, descasamentos de receitas, descasamentos esperados, passivo previdenciário, objetivos atuariais, descasamento em relação a passivos, reservas legais, descasamento na maturidade do plano, fluxos de caixa, métricas de risco sistemático, descasamentos temporários, volatilidade, valor de mercado dos ativos do fundo, determinação de alocação otimizada dos ativos do fundo, valor de mercado da carteira, resultado do plano, restrições orçamentárias,

resultados de investimentos indiretos, riscos de liquidez, de mercado e de crédito e custos de transação;

(C) Estruturação do modelo de simulação:

(a) estrutura do modelo: as estruturas do modelo consideraram as informações sobre os fluxos financeiros dos ativos e dos passivos, os fluxos de investimento de ativos e os fluxos populacionais. As regras de decisão estabelecidas para a implementação do modelo de simulação conceituado (ANEXO D) foram: solvência e liquidez do fundo, risco de um estágio, valor de mercado dos ativos do fundo, alocação otimizada dos ativos, valor de mercado da carteira, resultado do plano, restrições orçamentárias, resultados de investimentos indiretos, riscos de liquidez, de mercado e de crédito e custos de transação;

(b) parametrização e estimação: os parâmetros estimados para as taxas de juro foram 6% a.a., taxa de administração 4% a.a., fator de capacidade 0,98 e meta atuarial de 6% a.a;

(c) teste: os parâmetros para testar o modelo após a implantação em simuladores consideram plano BD, método de financiamento agregado; renda postecipada; utilização da tábua de comutação; ano considera 13 meses; o montante ou valor futuro, a renda certa e a reserva matemática deverão ser calculadas anualmente.

Dessa forma, o modelo de sistema dinâmico apresentado na figura 5 é proposta para desenvolvimento de um modelo de simulação baseado em computador e visa conceituar os estoques e os fluxos envolvidos na gestão de ativos e passivos previdenciários em fundos de pensão para representar a dinâmica sistêmica na gestão das informações sobre os fatores de risco utilizados pelo ALM.

Enquadramento de ativos
Taxa de juros livre de risco
Descasamentos de receitas
Taxa de retorno
Objetivos
Descasamentos esperados
Ativos
Contribuições
Pagamento de benefícios
Juros recebidos
Descasamentos temporarios
Pagamento de juros sobre o capital
+
volatilidade
Alocação de ativos
Fluxos de caixa
Métricas de risco sistemático
Descasamento na maturidade
Passivo previdenciário
Ipassivo esperado
Extinção
objetivos atuariais
Descasamento dos passivos
reservas legais
<Ativos>

Variáveis de Decisão

Solvência e liquidez do fundo
Risco de um estágio
Valor de mercado dos ativos do fundo
Alocação otimizada dos ativos
Valor de mercado da carteira
Resultado do plano
Restrições orçamentárias
resultados de investimentos indiretos
Riscos de liquidez de mercado e de crédito
Custos de transação

Figura 5 Modelo de sistema dinâmico para gerir as informações sobre ativos e passivos em fundos de pensão

Esse modelo de sistema dinâmico está fundamentado, teoricamente, nas conclusões de Cariño et al (1994), nas observações colhidas nas entrevistas com os gestores financeiros dos fundos de pensão pesquisados e nos dados obtidos junto aos atuários por meio da aplicação da técnica delphi.

Os elementos que o compõem são:ativos, taxas de retorno, enquadramento de ativos, objetivos, taxas de juro livre de risco, descasamentos de receitas, descasamentos esperados, passivo previdenciário, objetivos atuariais, descasamento dos passivos, reservas legais, descasamento da maturidade, fluxos de caixa, métricas de risco sistemático, descasamentos temporários, volatilidade, solvência e liquidez do fundo; risco de um estágio; valor de mercado dos ativos do fundo; determinação de alocação otimizada dos ativos do fundo; valor de mercado da carteira; resultado do plano; restrições orçamentárias; resultados de investimentos indiretos; riscos de liquidez, de mercado e de crédito e custos de transação.

A seguir, a descrição de cada um dos elementos do modelo:

(a) **ativos**: os ativos podem ser correntes, de curto ou longo prazo. A gestão de um fundo de pensão compreende a alocação de ativos e o controle dos fluxos futuros de contribuições para assegurar o equilíbrio atuarial. O papel básico é investir esses recursos a receber para alcançar retornos para pagar os benefícios programáveis: aposentadoria por tempo de contribuição, por idade e especial, e não-programáveis: aposentadoria por invalidez e pensão por morte. Na maturidade do plano, os ativos alocados nas diversas opções de investimento deverão ser desalocados e servirão ao pagamento dos benefícios previstos nos planos de benefício. As políticas de alocação e os retornos esperados são simulados para metas de rentabilidade e requisitos de solvência ou reservas necessárias. O desempenho das alocações é testado contra metas pela comparação da probabilidade de falha. A gestão dos ativos envolve a comparação da rentabilidade aferida com os ativos livres de risco. Se uma política de alocação particular de ativos não está em consonância com um mínimo nível de falha, então outra política deve ser testada considerando a fronteira eficiente. Os riscos dependem das características e da natureza da alocação do *portfolio:* renda fixa, renda variável, imóveis e operações com participantes. É uma variável de nível, pois cresce com as contribuições tanto de participantes quanto de patrocinadores, com os ganhos de capital e com recebimentos de dividendos, de *coupons*, de aluguéis e de outras receitas e decresce com o pagamento dos benefícios e pensões, respeitadas as características próprias das fases de acumulação e de maturidade do plano;

(b) **taxa de retorno**: o retorno total das carteiras de ativos. Os retornos abaixo das metas atuariais estabelecidas estão sujeitos a penalidades por não terem alcançado os objetivos. O processo de gestão das carteiras de aplicações deve estar baseado em estratégias de capitalização para o longo prazo e sofre interferência do nível de maturidade do plano, dos índices de inflação de longo prazo, dos fluxos de novos participantes, do fluxo de contribuições e do custeio do plano. Indiretamente, o índice de atratividade do plano, os índices de crescimento salarial e o risco da carteira interferem nos índices de rentabilidade aferida. Diversas informações, como o índice *beta, duration* ou índice *sharpe,* servem para estimar a sensibilidade e as volatilidades do mercado para, dessa forma, quantificar os riscos da carteira e mantê-los controlados.

Um modelo estocástico requer cenários das alternativas possíveis para as variáveis aleatórias. Os elementos aleatórios do modelo incluem preço e juros para todas as classes de ativo, assim como taxas estabelecidas pela política em caso de descasamentos. A criação de entradas em cenários é equivalente à criação de médias, variâncias e correlações para um modelo de média-variância. É uma expressão das crenças e probabilidades estabelecidas pelos decisores. A natureza dos problemas, quando são definidos os cenários, não é exclusiva da abordagem estocástica. É, essencialmente, a mesma natureza dos problemas em métodos de modelos de média-variância para alocação de ativos quando realizam predições acerca do desempenho da carteira em um futuro incerto;

(c) **enquadramentos de ativos**: restrições regulatórias estabelecem uma distribuição de ativos em carteiras distintas para reduzir o risco de mercado das

alocações, conforme o estabelecido pela teoria da diversificação do *portfolio* de Markowitz;
(d) **objetivos**: um modelo de ALM útil deve ser capaz de equilibrar a rentabilidade obtida pelos ativos em função dos passivos previdenciários a se pagar. Os descasamentos em diversos níveis devem ser penalizados com multas computadas em um fundo. A utilização de tais penalidades serve para caracterizar e tangibilizar riscos de modo que os decisores tenham consciência das conseqüências das decisões tomadas;
(e) **taxa de juros livre de risco**: taxas de juros utilizadas para referência em relação a um índice livre de risco – *benchmark*. Normalmente, é utilizado o CDI para renda fixa, o IBrX para renda variável e o INPC para imóveis e operações com participantes;
(f) **descamentos de receitas**: as receitas obtidas em um ano devem ser, pelo menos, iguais aos juros creditados e os ganhos de capital registrados. Essa restrição é utilizada para aplicar custos de penalidades para a função objetivo;
(g) **descasamentos esperados**: os custos gerados por penalidades devem ser baseados tanto no impacto esperado por não se atingir uma meta como em custos psicológicos. As conseqüências financeiras podem incluir altos custos, frutos de empréstimos obtidos para fazer frente aos descasamentos, caso haja rebaixamento das gradações de risco de crédito ou perda de confiabilidade. Custos psicológicos devem estar associados às crenças de gerentes de como a organização deve funcionar e às estratégias utilizadas para se atingir os fins esperados;
(h) **passivo previdenciário** (custo estimado do plano de benefícios): com base na rentabilidade esperada dos ativos do plano de benefícios, estima-se uma taxa de juro que será utilizada para calcular uma série futura de pagamentos e contribuições e que representa os encargos do plano de benefícios. Enquanto as contribuições e os valores presentes de benefícios futuros (passivo) guardam relação inversa com alterações nas taxas de juro, as estimativas de longevidade, idade média dos membros da família e crescimento salarial podem aumentar, o passivo o que pode, até mesmo, anular o efeito de maiores taxas de juro sobre o custo do plano. Os índices de inflação, de mortalidade e de invalidez, se aumentarem, podem reduzir o passivo. Dessas informações, calculam-se as reservas matemáticas. Quanto maiores os custos do plano, maior a expectativa de rentabilidade de ativos. Se, por um lado, os custos do plano aumentam com os benefícios programáveis e os benefícios de risco do plano de benefícios, de outro lado, os índices de rotatividade, se maiores, tendem a reduzir os custos do plano e vice-versa. A rentabilidade maior dos investimentos aumenta a probabilidade de atingir a meta atuarial e de financiar *deficits* anteriores, o que pode reduzir, potencialmente, os custos do plano.

Planos com custos elevados tendem a reduzir os índices de atratividade do plano e vice-versa, o que pode interferir nos fluxos de novos participantes. A redução da taxa de juro deve ser motivada ou por uma rentabilidade passada superior ou por uma expectativa real de rentabilidade superior de ativos e terá como efeito uma elevação nos custos estimados das aposentadorias e pensões, o

que pode levar à necessidade de se aumentar as contribuições ou se reduzir benefícios para se manter equilibrados os custos do plano.

O fundo de pensão tem três formas de financiar seus passivo: ganhos de capital de sua carteira de ativos, contribuições regulares e contribuições suplementares, caso o valor dos ativos seja pequeno se comparado ao valor dos passivos. As decisões quanto à gestão do passivo devem considerar resultados incertos dos eventos relevantes ao ambiente de negócio da organização: regulação, carteiras múltiplas, múltiplos horizontes para diferentes objetivos, provisões diversas e incertezas em relação aos ativos e passivos futuros.

A estocasticidade existe em *ratings* de crédito, uma vez que dependem de condições de mercado. Novas políticas para atração de novas adesões podem, da mesma maneira, ser incertas. Uma vez que variáveis do passivo são dependentes de cenários, a ação de predizê-las deve calcular os fluxos de caixa projetados do passivo e estabelecer as diversas possibilidades sob a ótica de cenários distintos, de modo a cobrir todas as alternativas possíveis:

(i) **objetivos atuariais**: parâmetros e restrições estabelecidas para se manter controladas, em limites aceitáveis, as variáveis biométricas, demográficas e de equilíbrio do plano. Representam evolução da massa de participantes ao longo do tempo e a expectativa de decrementos por morte de ativos, assistidos e inválidos. Emergem, principalmente, das avaliações atuariais anuais realizadas pelo fundo de pensão ou por análises estocásticas que buscam manter controladas sua liquidez e solvência;

(j) **descasamento dos passivos**: há modelos baseados em media-variância que consideram o risco como estando abaixo de um nível de desempenho desejado. São considerados menos apropriados para o planejamento de fundos de pensão que o modelo de penalidades, que medem risco como o custo de estar abaixo dos alvos e das metas estabelecidas;

(k) **reservas legais**: usadas para medir as quantidades utilizadas como referência para significar que os ativos totais estão abaixo dos níveis do passivo, o que possibilita caracterizar os descasamentos. Perdas de capital podem ser ocasionadas por oscilações de mercado e devem ser deduzidas pelo modelo;

(l) **descasamento na maturidade**: os resultados dos estudos de *duration* e de convexidade dos títulos de renda fixa e do comportamento da renda variável visam assegurar que os fluxos de caixa da maturidade do plano sejam atingidos;

(m) **fluxos de caixa**: uma tendência em finanças é associar riscos técnicos a riscos de taxas de juro. Estudos de cenários são utilizados para tratar a incerteza das taxas de juros e simulações são utilizadas para modelá-la em relação ao comportamento de outras variáveis relevantes, como os valores dos benefícios trazidos a valor atual, as contribuições futuras e outras. As técnicas de ALM incluem simulações do fluxo de caixa das obrigações (e outros eventos associados, como decisões judiciais a serem pagas) e investimentos. O ALM pode sincronizar os fluxos de caixa de ativos e passivos ao longo do tempo. As projeções consideram as receitas e pagamentos futuros (GOOVAERTS e KAAS, 2002). O objetivo do modelo é alocar valores recebidos a diferentes classes de ativos para maximizar a rentabilidade e minimizar os riscos. As penalidades são subtraídas dos valores obtidos após a simulação de um determinado período de

tempo. Com isso, busca-se uma predição mais realística dos resultados a serem obtidos pelo fundo de pensão (CARIÑO *et al,* 1994);

(n) **métricas de risco sistemático**: o equilíbrio do passivo e os fluxos de caixa futuros são computados de forma a satisfazer as restrições e as relações de acumulação para formação do passivo atuarial. Aqui estão incluídos o beta estatístico do modelo CAPM e outros métodos para controlar a evolução e o comportamento da carteira de ativos como um todo em relação ao passivo previdenciário. Os indicadores e principais métricas para controlar a liquidez e a solvência do fundo estão inclusos nessa categoria;

(o) **descasamentos temporários**: na fase de maturidade, as obrigações do fundo tendem a ser maiores que as contribuições. Nesse momento, os ganhos de capital e o patrimônio do fundo devem assegurar os pagamentos futuros programados. O modelo de penalidades pressupõe que, ao longo do tempo, penalidades temporárias em receitas obtidas em relação a juros creditados sejam minimizadas, o que amplia a capitalização do fundo com base em contribuições suplementares dos participantes e patrocinadores, quando couber. Para Cariño *et al* (1994), os decisores tendem a ficar mais seguros se tal razão se reduzir pelo motivo de as receitas serem mais adequadas e menos sujeitas a exposições a riscos de mercado ou a restrições regulatórias;

(p) **volatilidade**: a volatilidade do retorno total é uma medida de risco que se aproxima dos valores do risco em que os decisores imaginam que estejam incorrendo. É fácil de comunicar e ser compreendida, por isso deve ser considerada;

(q) **solvência e liquidez do fundo**: À medida que as operações do plano se tornam mais complexas, aumentam as despesas administrativas e as incertezas a que o fundo está exposto. O controle da liquidez e da solvência do fundo tem por objetivo facilitar as avaliações sob o ponto de vista atuarial ou financeiro, favorecer a execução de planos de contingência e realizar medidas corretivas, tempestivamente. O ALM estocástico se apóia em estudos de cenários e em distribuições de probabilidade das rentabilidades e demais variáveis do passivo para, dessa forma, realizar análises de sensibilidade do fundo a variações de mercado ou de fatores internos capazes de descasar ativos e passivos;

(r) **risco de um estágio**: O risco de descasamento no tempo t+1 deve ser medido de forma a ser possível descrevê-lo. A gestão do fundo de pensão especifica um valor máximo aceitável para o risco de um estágio. É um risco baseado na razão de solvência tão grande que valores abaixo desse parâmetro são considerados de risco e, se possível, devem ser evitados (DRIJVER, HANEVELD & VLERK, 2002);

(s) **valor de mercado dos ativos do fundo**: o modelo estocástico de programação linear guarda incertezas em vários de seus coeficientes, as quais são modeladas por meio de estudos de cenários. Uma vez que cada cenário tem uma probabilidade discreta de ocorrência para qualquer horizonte de tempo finito, o modelo estocástico é da mesma maneira representado por um modelo determinístico de programação linear;

(t) **determinação de alocação otimizada dos ativos do fundo**: uma vez que é necessário rever as alocações em carteira ao longo do tempo, a decisão realizada não

se refere apenas a alocações presentes, mas, às estratégias de investimento ao longo do tempo descritas em planos de investimento. Para tanto, informações sobre os retornos das diversas categorias passíveis de investimento devem ser coletadas e organizadas de modo a permitir que decisores estruturem as alternativas de decisão com maior precisão;

(w) **valor de mercado da carteira**: o valor das carteiras é uma soma do valor dos ativos individuais para cada carteira estruturada no fundo. A legislação estabelece que as carteiras devam ser individualizadas e que uma não interfira na outra. Tal medição pode ser realizada pelo valor da carteira considerando-se, por exemplo, a volatilidade dos 150 últimos preços diários dos títulos de renda variável ou por fração equivalente de outros ativos;

(u) **resultado do plano**: a informação sobre disponibilidades mede quão líquida é uma companhia e sua habilidade de cumprir compromissos de curto prazo: benefícios e custos. É calculado dividindo-se os ativos pelas obrigações correntes. A taxa de débitos em relação ao *portfolio* de renda variável mede o volume de compromissos da entidade em relação ao montante investido no mercado de ações e de derivativos. Tal medida é útil, também, para o *portfolio* de renda fixa, de imóveis e de operações com participantes. Essas razões são extraídas das declarações de receitas e do balanço patrimonial em um determinado momento. Não são indicativas da saúde financeira da entidade, apenas apontam problemas potenciais. Razões fora dos limites normais devem ser tratadas da mesma maneira que quando as declarações de receitas estão abaixo ou acima dos valores orçados. Em um controle estocástico, tais ocorrências alteram as decisões em relação a um cenário pré-determinado. Tais medidas são usadas como critérios para se aplicar penalidades por descasamento de fluxo de ativos em relação aos fluxos de passivos;

(v) **restrições orçamentárias**: qualquer restrição orçamentária ao modelo;

(x) **resultados de investimentos indiretos**: resultados de empréstimos e operações com participantes e outros. Embora mitigados, guardam riscos de crédito. Um fator- chave em modelos dinâmicos é a capacidade de produzir múltiplas simulações em um modelo em condições diferenciadas, testar o impacto de diferentes políticas e predizer os efeitos colaterais e as reações provocadas por várias decisões sobre o sistema. É possível considerar a evolução de um modelo e explorar o valor em risco associado entre os investimentos e as oportunidades associadas. Reguladores podem compreender melhor a habilidade do fundo de pensão de mediar decisões gerenciais de risco e decisões de investimento de risco. Para tanto, o índice Sharpe e o índice M2 podem auxiliar;

(y) **riscos de liquidez, de mercado e de crédito**: restrições impostas ao modelo que consideram as particularidades associadas a cada categoria de risco em estágios de acumulação ou de maturidade;

(z) **custos de transação**: os custos para manter os planos de benefícios e para realocar ativos, de modo a cumprir a política de investimentos. Incluem-se despesas administrativas do fundo. Tais variáveis em um modelo dinâmico são úteis para aprimorar as análises de ALM, uma vez que servem ao processo decisório do fundo de pensão. A comunicação aos decisores deve ser eficaz para evitar que dificuldades cognitivas em relação a modelos numéricos complexos

possam interferir em sua eficácia. Para tanto, simuladores em computador podem oferecer ao decisor a possibilidade de avaliar as alternativas e seus impactos sobre o equilíbrio econômico-financeiro e atuarial do fundo.

Forrester (1971, p. 31) observa que as teorias expressas em modelos simulados em computador permitem verificar, de diversas maneiras, as conseqüências dinâmicas e seus pressupostos. Isso contribui para reduzir a ambigüidade dos pressupostos e torná-los mais visíveis e em condição de serem criticados e comparados com pressupostos de teorias alternativas e com dados e observações que possibilitem aperfeiçoá-los.

Para Sterman (2000, p. 913), é natural que a atividade de modelagem e os modelos dinâmicos produzidos possuam erros expressos em índices e razões que capturam aspectos associados ao processo decisório e leis físicas ou biológicas que causam mudança no status do sistema sem que, contudo, seja possível explicá-los plenamente.

As informações coletadas junto aos especialistas em fundos de pensão demonstraram que a regra geral para planos de benefícios estruturados no regime de capitalização é que o total das contribuições deve produzir recursos em montante suficiente para o cumprimento das obrigações assumidas pelo plano previdenciário. A dinâmica do custeio de um fundo de pensão envolve "processos de capitalização de até 60 anos, que vão desde a fase de acumulação das reservas e o efetivo pagamento de benefícios de aposentadoria" (PINHEIRO, 2005, p. 43).

Assim, as simulações devem servir ao propósito de testar implicações sistêmicas, consideradas as práticas e políticas para assegurar o equilíbrio entre ativos e passivos no longo prazo. Como objetivo complexo, os modelos dinâmicos visam controlar a liquidez e minimizar a variância da razão de solvência que é determinada como valor presente dos ativos pelo valor presente dos passivos ao longo do tempo.

4 Conclusões

As relações matemáticas entre as variáveis dinâmicas do ALM devem considerar riscos distintos, de acordo com o estágio de maturidade em que se encontra o fundo de pensão.

Uma vez que a maior parte das decisões são realizadas sem um conhecimento amplo de suas conseqüências ainda é difícil para um gerente obter informação precisa no momento necessário e a custo reduzido. Dessa forma, as heurísticas são feitas com base em conhecimento tácito (não explicitado). Pela simplicidade dos conceitos e métodos empregados, a DS pode ser utilizada como estratégia para explicitar conhecimento tácito em processos decisórios.

Como foi descrito, o pensamento causal pode ser usado para identificar fatores de risco e quantificar seus impactos no sistema. Os modos básicos de comportamento em dinâmica de sistemas como crescimento exponencial, dirigido a objetivos, e oscilações criadas por feedback positivo ou negativo com atrasos, são fontes potenciais de risco que devem ser consideradas em análises de ALM,

para amplificar sua capacidade em não ser apenas orientada a balanço, mas incrementar sua capacidade de gerir riscos em fundos de pensão.

Uma vez que decisões sob incerteza se tornam complexas, especialmente pela pouca compreensão dos interesses de longo prazo do sistema como um todo, é possível dizer que a associação entre o ALM e métodos de dinâmica de sistemas é útil para incorporar ampliar a visão holística às análises propiciadas pelo ALM.

No atual estágio da pesquisa em curso na Universidade de Brasília pelo autor, o modelo dinâmico sendo produzido pretende representar os diversos métodos e respectivas equações matemáticas empregadas para realizar a fase de acumulação e projetar os desembolsos baseados na dinâmica do passivo. O resultado esperado do modelo é a produção de diversos modelos de simulação capazes de representar a inter-relação dinâmica e sistêmica entre as diversas variáveis utilizadas pelo ALM.

Portanto, ALM associado à DS pode melhorar o perfil de gerentes e decisores possibilitando formular melhores estratégias e políticas para dirigir fundos de pensão. Entre os benefícios desta associação, pode-se concluir pelas observações contidas na figura 5.

ALM	DINÄMICA DE SISTEMAS	ASSOCIAÇÃO ENTRE DS E ALM
Orientado a balanço, possibilita compreender a estrutura de débitos, a expansão dos negócios, os resultados de alocação de ativos e a saúde financeira do fundo de pensão. A desvantagem está em oferecer uma visão estática para uma realidade dinâmica.	Representa a complexidade e o inter-relacionamento dinâmico e sistêmico entre as variáveis do modelo considerado	Amplia a capacidade do ALM de gerir as informações sobre riscos. Permite gerar e testar teorias sobre a dinâmica das relações em um fundo de pensão.
Modelo de fatores. Utiliza correlação, regressão linear e equações estruturais para tratar a complexidade.	Representa as informações referentes às relações causais e trata relações circulares entre variáveis.	Possibilita simular as informações sobre o comportamento futuro das variáveis e analisar o impacto de tais projeções sobre as variáveis do sistema.
Pelo grande volume de equações e relações matemáticas complexas, é de difícil compreensão pelos decisores.	Relações matemáticas embutidas nos diversos mapas, diagramas, gráficos e tabelas.	Facilita o aprendizado do ALM e amplia a capacidade de análise do gestor de risco, do analista financeiro ou do atuário de um fundo de pensão. Possibilita que analistas e decisores reflitam, em conjunto, a respeito das informações sobre os fatores de risco e as incertezas inerentes às análises de ALM, apoiados por simulações e análises prospectivas baseadas em processos estocásticos.
No caso dos ativos, é baseado em teorias e métodos econométricos para otimizar a relação risco e retorno e estimar volatilidade e sensibilidade dos mercados. Para os passivos, as estimativas são baseadas em métodos e	Fundamenta-se na teoria geral de sistemas e na teoria do controle. Induz o analista a pensar de forma sistêmica e encontrar as relações matemáticas que explicam os comportamentos das variáveis.	Facilita projeções e predições de comportamentos sistêmicos para melhor compreender os atrasos em obter os resultados esperados e para possibilitar análises baseadas na estocasticidade das informações sobre ativos e

premissas atuariais.		passivos.

Figura 6: Associação entre o ALM e a dinâmica de sistemas
Fonte: Elaboração do autor

Referências Bibliográficas

AFFELDT, John F. The application of system dynamics (SD) simulation to volatile system management. The Netherlands, 24th International Conference of System Dynamics Society, 2006.

BEPC - Boletim Estatístico da Previdência Complementar. 2006. Disponível em www.previdencia.gov.br <http://www.previdencia.gov.br>. Acesso em 05 de maio de 2006.

BERNSTEIN, Peter L. Desafio aos Deuses - A Fascinante História do Risco. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1997.

BOULIER, Jean-François; DUPRÉ, Denis. Gestão Financeira dos Fundos de Pensão. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2003.

Cariño, D. R.; Kent, T.; Myers, D. H.; Stacy, C; Sylvanus, M.; Turner, A.; Watanabe, K.; and Ziemba, W. T. 1994, "The Russell-Yasuda Kasai financial planning model," working paper, Frank Russell Company.

CHAIM, Ricardo Matos. Combining ALM and System Dynamics in Pension Funds. The Netherlands, 24th International Conference of System Dynamics Society, 2006.

CMU (Carnegie Mellon University). CMMi - Capability Maturity Model Integrate. 2006. Disponível em www.cmu.org. Acesso em maio/2006.

CTPA - Centre For Tax Policy and Administration. GAP 003 - Risk Management - Practice Note. OECD, 2001.

DANGERFIELD, Brian. A System Dynamics Model for Economic Planning in Sarawak. Nijmegen/The Netherlands, 24th System Dynamics International Conference, 2006.

DAS, Satyajit. Risk Management and financial derivatives? A guide to the mathematics. Australia, McGrawHill, 1997.

DRIJVER, Sibrand J., HANEVELD, Willem K. Klein, VLERK, Maarten H. van der. ALM model for pension funds: numerical results for a prototype model. January, 2002.

Ehrlich, Pierre J. Dinâmica de Sistemas na Gestão Empresarial. Disponível em

<http://www.eaesp.fgvsp.br/default.aspx?pagid=DLEHMRPM&navid=487>, acessado em abril/2006.

GOOVAERTS, M.J., KAAS, R. Some problems in actuarial finance involving sums of dependent risks. Amsterdan/Holanda, Statistica Neerlandica (2002), vol. 56, nr.3, pp. 253-269.

HILL, Stephen, DINSDALE, Geoff. Uma base para o desenvolvimento de estratégias de aprendizagem para a gestão de riscos no serviço público. Brasília, ENAP, 2003, (Cadernos Enap, 23)

MARCIAL, Elaine & GRUMBACH, Raul José dos Santos. Cenários Prospectivos:como construir um futuro melhor. Rio de Janeiro, Editora FGV, 2004.

MARSHAL, Christopher. Medindo e gerenciando riscos operacionais em instituições financeiras. Rio de janeiro, Qualitymark, 2002.

PIDD, Michael. Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre, Artes Médicas, 1998.

PINHEIRO, Ricardo Pena. Riscos demográficos e atuariais nos planos de benefício definido e de contribuição definida num fundo de pensão. Belo Horizonte, UFMG/FACE/CEDEPLAR, 2005.

RIBEIRO FILHO, Jair, De la Rocque, Eduarda, BARCELLOS, Wilson. Monitoramento de risco - aplicação do conceito de value-at-risk para fundos de pensão. BM&F, Resenha 122-1, 2002.

SANTOS, Arion de Castro Kurtz. Computational modeling in science education: A study of students' ability to manage some different approaches to modeling. London, Department of Science Education Institute of Education, 1992. Thesis.

SECURATO, José Roberto. Decisões Financeiras em Condições de Risco. São Paulo, Atlas, 1993.

STERMAN, John D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston, Irwin McGraw-Hill, 2000.

SULL, Donald & ESCOBARI, Martin. Sucesso made in Brasil: o segredo das empresas brasileiras que dão certo. Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

Tras las estructuras del crimen y la justicia

Sebastián Jaén e Isaac Dyner

"I suggest that medicine is a relative simple field for research and theory construction, as compared with criminal behavior. I gravely doubt that anything more than middle range theory will ever be possible in criminology"

Paul B. Horton

El crimen es por esencia la ruptura de un orden social. Y la justicia, un mecanismo para restaurar este orden quebrado, compensando a las partes ofendidas y castigando a las partes ofensoras, de tal forma que restitución y castigo, tengan un efecto disuasivo y ejemplarizante a futuros criminales. En este sentido, si es claro el por qué aparece la justicia, o por lo menos, el deseo de justicia, no es tan claro el por qué aparece el crimen y la motivación a delinquir (Horton, 1973).

El estudio de las motivaciones criminales ha sido tradicionalmente asociado con investigaciones afines a la psicología, la sociología y la antropología, que se funden en una disciplina que tiene como objeto recoger este saber: la criminología. No obstante, y pese a que son bien conocidas las motivaciones económicas para delinquir, es hasta mediados del siglo XX en que el paradigma económico se establece como una aproximación plausible y en consolidación, que ayudaría a entender los principales rasgos de un fenómeno complejo[1].

El enfoque económico tiene su trabajo seminal, en las aproximaciones de Becker (1968) y Enrhlich (1996), bajo un contexto norteamericano. A partir de ahí, numerosos economistas han producido abundante literatura bajo el paradigma económico, abordando diversos problemas que explicarían las motivaciones criminales de grupos y personas, así como la sugerencia de política para la administración del aparato policivo, judicial y penitenciario.

A groso modo, se podría afirmar que el paradigma económico hace una distinción entre el crimen racional y el pasional. Este primero, sería fruto de un cálculo que haría el infractor, sopesando los beneficios y costos del acto criminal. Si se encuentran más beneficios que costos, el infractor ejecutaría el crimen. Si por el contrario, los costos se vislumbran mayores, estos tendrían un efecto disuasivo. El crimen pasional, no obedecería a esta

[1] No se desconoce aquí el aporte de trabajos pioneros como los de Smith, Haavelmo y Pareto, entre otros. Lo que se afirma es que el desarrollo del paradigma económico de la motivación criminal, ha sido principalmente construido desde mediados del siglo XX.

lógica, y más bien estaría vinculado a otro tipo de circunstancias que no pretende abordar la economía.

Si bien el usuario del paradigma económico cuenta con recursos poderosos para encarar el fenómeno, también sufre limitaciones que necesariamente le generarían la necesidad de usar otras disciplinas, paradigmas y metodologías. Inicialmente, se discutirán las limitaciones metodológicas y posteriormente se discutirán las limitaciones conceptuales.

Limitaciones metodológicas del paradigma económico

Fundamentalmente, el paradigma económico se vale de la econometría para probar efectos significativos de unas variables sobre otras. Los modelos econométricos requieren de variables independientes y sin correlación cruzada para explicar la variable dependiente (Barlas, 1996). La limitación surge entonces, cuando hay suficiente evidencia (Lee, 1993; Fajnzylber,Lederman, Loayza, 2001; Caulkins, 2001; Reuter, 2001) que demuestra que en el fenómeno criminal, usualmente se da la presencia de variables que tienen una dinámica endógena o epidémica, que por su misma definición, violarían las dos condiciones fundamentales para la aplicación de muchos de los modelos econométricos. A los problemas de multicolinealidad y endogeneidad, se les añade una restricción adicional del método de estimación econométrico: el supuesto de la relación lineal entre las variables, condición que en algunos casos podría no ser realista.

Con esto no se estaría desconociendo la utilidad de la econometría, y más aun, cuando la misma herramienta cuenta con técnicas para salir de los problemas que le plantea la endogeneidad. De hecho, Levitt (1997), ha abierto un camino de investigación que va por esa vía, la cual no siempre llega a resultados afortunados, pues ha mostrado tener respuestas problemáticas en la práctica (Klick y Tabarrok, 2005).

De otro lado, el mismo alcance económico, que se preocupa fundamentalmente por la relación entre las variables y el hallazgo de las condiciones óptimas beneficio-costo, ofrecería un repertorio limitado a los estudiosos que pretenden obtener una visión completa del fenómeno. Más aun, cuando estos óptimos se ofrecen en condiciones estáticas[2].

Cuando la econometría se ocupa de la componente temporal, lo hace a través de series temporales, las cuales son un tipo de modelamiento correlacional, enfocado en los datos y usualmente llamados caja negra. Este tipo de modelos que no involucran la causalidad en su estructura, suelen ser considerados válidos, a partir de cómo el resultado explique el mundo "real" en un rango de confiabilidad preestablecido. Un inconveniente señalado por la literatura, es que este análisis se hace sin preguntarse si las relaciones individuales son tan válidas como el resultado final (Barlas, 1996). En síntesis, este tipo de modelos logran

[2] Ver por ejemplo los trabajos de Poret y Tejedo (2006) y Poret (2002), en los cuales se plantea una función a maximizar que ilustra las principales condiciones del sistema a optimizar. Se deriva con respecto a las variables más importantes a estudiar, y finalmente se concluye sobre las condiciones que favorecerían o perturbarían este óptimo alcanzado.

reproducir el comportamiento de una variable a partir de una relación funcional, que usualmente no explica lo suficiente sobre la estructura real, que genera este comportamiento.

En síntesis, para comprender este tipo de fenómenos que plantean una naturaleza dinámica y no lineal, se necesitan herramientas a las que les sea propio este terreno. El forzar el problema para que se acomode a las herramientas tradicionales, es un enmascaramiento analíticamente lícito, pero que corre el riesgo de omitir información valiosa para la comprensión del fenómeno.

Limitaciones conceptuales del paradigma económico

Para este trabajo, el paradigma económico explica gran parte de las motivaciones individuales y colectivas del delincuente. Sin embargo, es interesante cuestionarse si el beneficio económico es un fin en sí mismo, o por el contrario un medio para alcanzar otro tipo de bien último y menos observable. Por ejemplo, en el trabajo de Alejandro Portes y Patricia Landholt (1997) sobre el lado oscuro del capital social[3], se ha presentado evidencia de acciones criminales que obedecen más a la dinámica de un grupo étnico o social. Los individuos inmersos en estas comunidades, presentarían motivaciones criminales que obedecen principalmente a la lógica del grupo en el cual se tiene membresía. Es decir, la lógica que se percibe en el entorno, influiría considerablemente en la percepción de beneficio o costo, de un acto criminal a realizar.



"*The Lucifer Effect*"

En su trabajo sobre la naturaleza del comportamiento criminal humano, el psicólogo Philip Zimbardo encuentra lo que denomina "el efecto Lucifer" (Zimbardo, 2007). Este efecto, se presentaría como el condicionamiento, o propensión al mal que tendría un individuo, por estar inmerso en un entorno que lo induzca a ello. En otras palabras, un individuo actuaría como un criminal dada la estructura del sistema social en el que está inmerso.

Como se ha mencionado previamente, el paradigma económico logra capturar unos aspectos y reglas de estas estructuras que condicionarían la motivación criminal. Pero básicamente, al concentrarse en su enfoque explicativo, correlacional y optimizador, elude la indagación profunda en las estructuras que posibilitan las motivaciones criminales.

[3] El capital social se define como los lazos de interrelación alcanzados por una comunidad, y su capacidad de emprender acciones conjuntas. En trabajos como los de Putnam (1993), se ha dado tradicionalmente un valor positivo al capital social, pues se asocia a la construcción de confianza y aumento de la capacidad de trabajo mancomunado. Según Putnam, es en la presencia del capital social, que se puede explicar la prosperidad del norte de Italia, frente a las condiciones precarias del sur.

Dinámica de sistemas y la búsqueda de las estructuras criminales y de justicia

La dinámica de sistemas se preocupa esencialmente por las estructuras que determinan los comportamientos, pero además, reconoce que estos comportamientos son dinámicos y no lineales, que obedecen a la interrelación entre las variables, y a la endogeneidad de muchas de ellas. Por definición, la dinámica de sistemas estudia las situaciones que dependen fundamentalmente de la estructura del sistema (Borshchev y Filippov, 2004). A partir de ahí, se ha reconocido la potencialidad que ofrece la metodología de dinámica de sistemas, para abordar los más diversos aspectos del crimen y la justicia.

A nivel latinoamericano, hay pocos referentes de trabajos que apuntan en esta dirección. No obstante, tienen su lugar dentro del "repertorio" de trabajos presentados en los eventos latinoamericanos, y se abren camino dentro de la esfera local. No es de extrañarse, que casi todas estas indagaciones hayan surgido principalmente de la problemática colombiana, la cual ha presentado condiciones particulares de violencia asociada al narcotráfico y al conflicto interno. El preguntarse por las estructuras criminales colombianas es un asunto difícil, el cual requiere de lo mejor que la metodología pudiera ofrecer.

Como una aproximación a los trabajos que se han hecho con dinámica de sistemas en este campo, se presentarán tres referencias que le apuntan a diversos problemas del campo del crimen y la justicia[4].

Una referencia primera, es el trabajo de Hernández y Dyner (2001), cuyo propósito principal consistía en la evaluación de las políticas penitenciarias, que estaban ad portas de su implementación en Colombia. El cuerpo legislativo colombiano, anunciaba una disminución de la duración de las penas, como un objetivo para descongestionar las hacinadas cárceles colombianas.

El modelo probó dos políticas: disminuir el tamaño de la pena promedio en un 25%, contra hacer todo lo contrario, aumentarlas en la misma proporción. La justificación del trabajo, para ir contravía de la línea de pensamiento tradicional, estaría fundamentada en la teoría económica del crimen de Becker (1968). Al disminuir la duración de la sentencia promedio, la delincuencia tendría más incentivos para delinquir, lo que finalmente llevaría a más arrestos y por ende, más hacinamiento. La vía contraria le restaría beneficios al crimen, perjudicando su ocurrencia, lo que se traduce en menos crimen y arrestos.

Las simulaciones del modelo representan bien este hecho. En la Figura 1, se ilustran tres trayectorias. La primera trayectoria es la del caso base (trayectoria 1), que representa una situación en la que no se ha empleado ninguna política. Claramente, el hacinamiento después de un crecimiento acelerado, alcanza otro más lento pero constante. La política 1

[4] Estos no son los únicos trabajos que sobre estos temas se han abordado con dinámica de sistemas en el entorno latinoamericano. Sin embargo, se escogen estos tres por ser los que han pasado por procesos más exhaustivos de revisión, corrección y publicación.

(trayectoria 2), corresponde a la idea de disminuir la sentencia promedio en un 25%. El resultado tiene en el corto plazo un comportamiento esperanzador, mientras que en el largo plazo, crece a una tasa mayor que la del caso base. Finalmente, la política 2 (trayectoria 3), ilustraría el caso de aumentar la sentencia promedio en un 25%. Inicialmente la política empeoraría la situación actual, pero en el mediano y corto plazo, se mostraría como la severidad de la pena, tendría un efecto disuasivo sobre las motivaciones criminales.

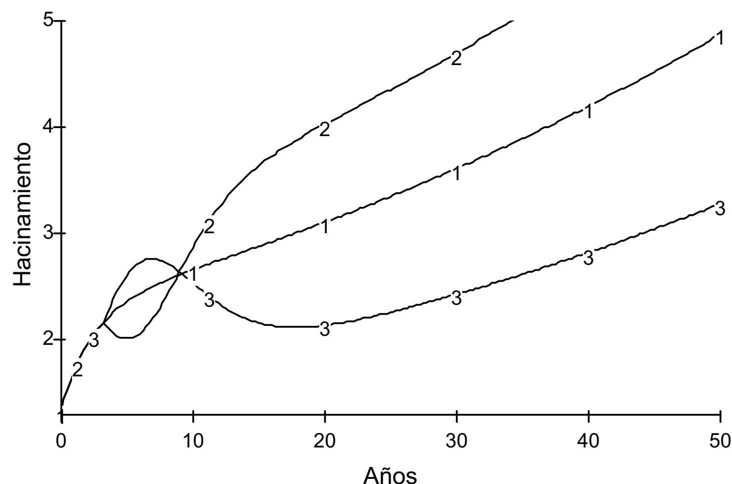


Figura 1. Simulación de políticas penitenciarias (Hernández y Dyner, 2001).

Si bien esta aplicación representó bien el comportamiento de un sistema, teniendo como base la fundamentación de Becker. Se hacía necesaria una aproximación más detallada, que pudiese dar cuenta de un fenómeno como el del homicidio en Colombia. Aparece entonces el trabajo de Jaén y Dyner (2005), cuyo propósito principal es plantear una explicación del homicidio en Colombia y sugerir políticas para su prevención.

Los autores agregan al modelo beckeriano el concepto de capital social. De esta forma, la motivación criminal del individuo, adicional a sus cálculos racionales individuales, se vería afectada por su pertenencia a una red social en la cual no habría barreras para el homicidio. Además de aumentar el costo de las variables que hacen menos atractivo el crimen, el estado debería propugnar por una construcción de capital social.

Nuevamente, se elabora un modelo con el cual se puede explicar de manera endógena el comportamiento de la variable homicidios en un período de 30 años, y evaluar las alternativas de política (ver Figura 2). La política 1 (trayectoria 1), ilustraría el caso de combatir el homicidio en Colombia, con una tasa cercana al 4% del PIB[5]. Los resultados muestran una reducción constante, tal y como se esperaría por la implementación de una política así. La implementación de la política 2 (trayectoria 2), muestra el impacto que

[5] Según Cárdenas, Cadena y Caballero (2004), para el año 2004 el gasto en defensa y seguridad estaba alrededor del 4.5% del PIB.

tendría la construcción de capital social[6]. Aquí la política muestra como con la mitad del presupuesto (2% del PIB), más el aumento del capital social, se podría prácticamente tener el mismo efecto que en la trayectoria anterior. Esto sin duda, permitiría el ahorro de considerables recursos. La política 3 (trayectoria 3), explora el resultado de implementar una política que suma un gasto del 4% del PIB, más la construcción de capital social. Aquí las ventajas de cada política, se ven sumadas en unos resultados mucho más contundentes en contra de la variable en cuestión.

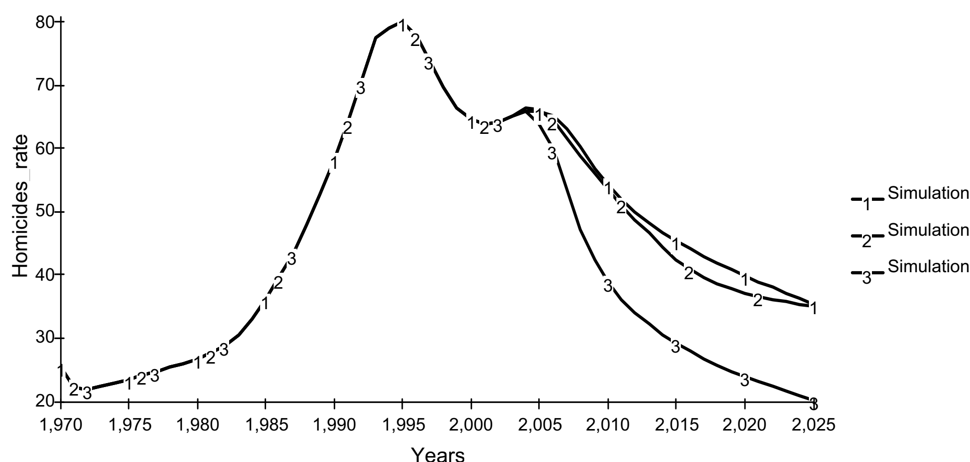


Figura 2. Simulación de políticas para el homicidio en Colombia (Jaén y Dyner, 2005)

Además del homicidio, y del correspondiente castigo al homicidio, el encarcelamiento, hay otro tipo de situaciones que son preocupantes en la región. En especial, el narcotráfico. Quizá no hay un problema de estudio en el que la economía haya finalmente aceptado más, la incursión de metodologías de simulación y modelamiento dinámico[7].

Los mercados de drogas ilegales son la preocupación de gobiernos y académicos. Quizá lo que más inquieta, es su esencia dinámica y no lineal que pareciera contradecir las mejores aproximaciones (Caulkins y Reuter, 2006). La esencia agregada de un mercado de drogas ilegales fue abordada por Jaén y Dyner (2007), en un modelo que más que analizar políticas, ayudaría a explicar la esencia dinámica del fenómeno de mercado.

Uno de los cuestionamientos más interesantes, es la constante disminución de precios de los mercados de la droga, a pesar de los esfuerzos que se han dado para evitar esta situación (Caulkins y Reuter, 2006). El modelo de Jaén y Dyner (2007), puede explicar los rasgos

[6] La construcción de capital social, se presenta aquí como la integración de las personas a redes sociales cívicas, en las cuales el individuo contribuye a su desarrollo personal como al de la nación (Sudarsky, 1999).
[7] Ver por ejemplo las recomendaciones de Caulkins (2001) y Reuter (2001).

más agregados de este proceso, considerando el ciclo de vida del producto, y la evolución del tipo de consumidor.

En la Figura 3, se presenta el diagrama de flujos y niveles del modelo. Una población puede convertirse en una población susceptible, dado un nivel de precio. La población susceptible pasaría a ser población consumidora ocasional, dado el efecto de difusión del bien ilegal. Posteriormente, una fracción de estos consumidores ocasionales se volverían consumidores compulsivos, que dejarían el mercado ya sea por recuperación o muerte.

Tanto consumidores ocasionales como compulsivos, tendrían un efecto sobre la demanda, la cual estimularía una oferta. De la relación entre la demanda y la oferta, se determinaría el precio de la droga. El precio influiría directamente en todas las tasas que permiten que una persona pase de un estado a otra.

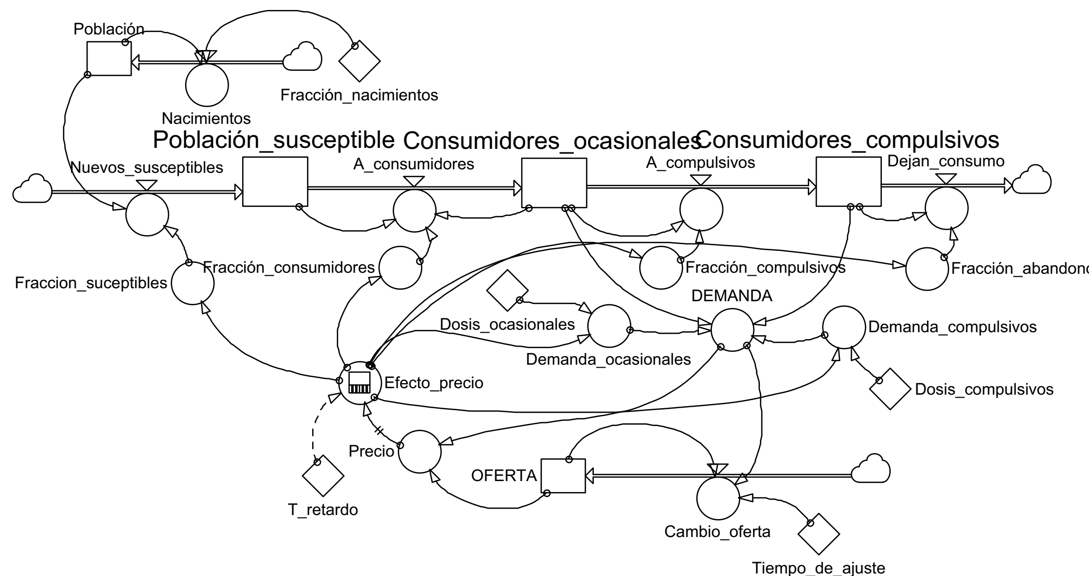


Figura 3. Diagrama de flujos y niveles del comportamiento dinámico de un Mercado de drogas ilegales (Jaén y Dyner, 2007)

Como se puede apreciar, este modelo es una aproximación muy sencilla de lo que realmente sería el mercado. Sin embargo, el modelo permite mostrar resultados interesantes. En la Figura 4, se aprecia la evolución de las poblaciones.

El momento crítico se percibe entre el período 10 y el 40, dado el auge de la población compulsiva. No obstante, la simulación muestra que gran parte de este impacto se debe principalmente al efecto “novedad” que tiene la droga, después de esta situación el sistema tiende a estabilizarse en poblaciones constantes de personas que buscan el alcaloide.

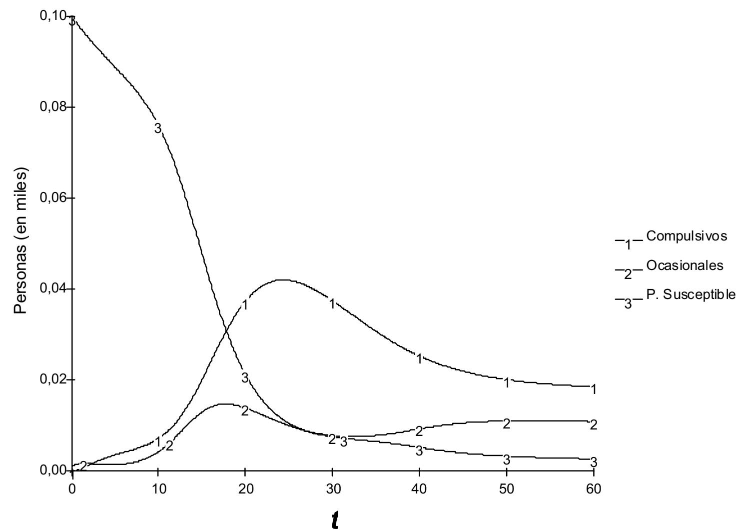


Figura 4. Evolución de las poblaciones en un mercado hipotético de drogas ilícitas (Jaén y Dyner, 2007)

En la Figura 5, se puede apreciar el comportamiento del precio en este mercado hipotético. Inicialmente, hay una subida de precio que se ve acompañada con una posterior caída acelerada. Entre los períodos 10 y 20, se da una etapa en la que el precio se resiste a caer, pero esto, como consecuencia de la alta cantidad de consumidores compulsivos y su demanda por el alcaloide. Superado este momento, el precio inexorablemente seguirá cayendo hasta un momento dado, a partir de la estabilización de la demanda.

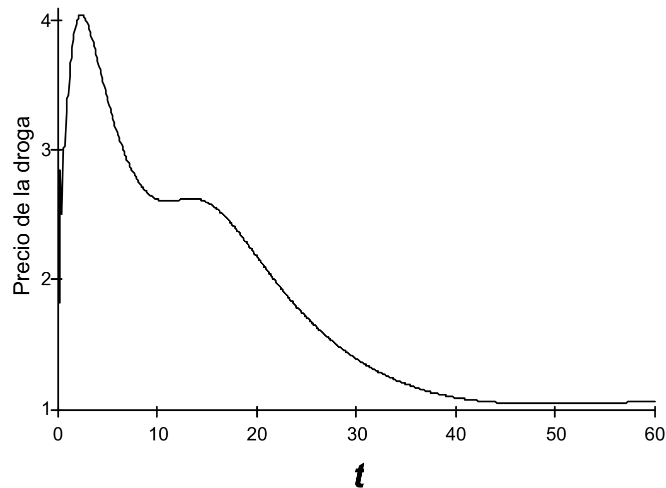


Figura 5. Evolución del precio de un mercado hipotético de drogas ilícitas (Jaén y Dyner, 2007).

Desde esta perspectiva, y a partir de la *cuasi* experimentación que permite la dinámica de sistemas en un mercado hipotético, se muestra como la disminución de precios puede darse de manera endógena en el sistema, y no como fruto de una política determinada.

Conclusión

De esta manera, se han presentado tres aplicaciones que muestran avances en el estudio de los sistemas dinámicos, en las cuales, la dinámica de sistemas es una herramienta esencial en para la comprensión de este tipo de fenómenos. Las condiciones más importantes y necesarias, son que los modelos logren capturar las estructuras que tienen incidencia en las motivaciones criminales individuales, y que los modeladores tengan criterios científicos para aproximarse y reconstruir estas estructuras.

Referencias

Barlas, Y., (1996), '*Formal aspects of model validity and validation in system dynamics*', System Dynamics Review, Volume 12, Issue 3, Date: Autumn (Fall) 1996, Pages: 183-210.

Becker, G (1968). "Crime and punishment, the economic approach". Journal of Political Economy. 76(2), 169-217.

Borshchev, Andrei, y Filippov, Alexei, (2004), '*From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools*'. XJ Technologies and St. Petesburg Technical University. 1-22

Cárdenas, Mauricio, Cadena, Ximena, y Caballero, Carlos, (2005), '*Análisis del incremento del gasto en defensa y seguridad: Resultados y sostenibilidad de la estrategia',* Coyuntura Económica, Vol. XXXV, No. 1. Disponible en: http://www.seguridadydemocracia.org/docs/pdf/externos/ponenciaMauricioC%C3%A1rdenas.pdf

Caulkins, J. P., (2001), '*The Dynamic Character of Drug Problems*', Bulleting on Narcotics. LIII (1 & 2).

Caulkins, J. P., y Reuter, P. (2006), '*Illicit drug markets and economic irregularities*', Socio-Economic Planning Sciences. 40: 1-14.

Ehrlich, Isaac, (1996), '*Crime, Punishment, and the Market for Offenses*', The Journal of Economic Perspectives, Vol. 10, No. 1, 43-67.

Fajnzylber, P., Lederman, D. y Loayza, N. (2001). "Crimen y violencia en América Latina". Alfaomega-Banco Mundial.

Hernández, Jasson, y Dyner, Isaac, (2001), '*Crisis in Colombian Prisons: Cause or Consequence of a Flawed Judicial System*', En los proceedings de la 19 conferencia internacional de dinámica de sistemas, Atlanta, Georgia, USA. Disponible en: http://www.systemdynamics.org/conferences/2001/papers/Hernandez_1.pdf

Horton, Paul B. (1973), '*Problems in Understanding Criminal Motives*', En Rottenberg, Simon (ed.), The Economics of Crime and Punishment. American Enterprise Institute for Public Policy Research. P. 155-178.

Klick, Jonathan y Tabarrok, Alexander, (2005), '*Using Terror Alert Levels To Estimate the Effect on Police on Crime*', The Journal of Law and Economics, Vol. XLVIII. Disponible en: http://www.journals.uchicago.edu/JLE/journal/issues/v48n1/480104/480104.html

Jaén, Sebastián, y Dyner, Isaac, (2005), '*Espirales de la violencia*', Revista de dinámica de sistemas, Vol. 1, N° 1, pp. 5-25.

Jaén, Sebastián y Dyner, Isaac, (2007), '*Comportamiento dinámico de los mercados de drogas ilícitas*', Revista de dinámica de sistemas, Vol. 3, N° 1, pp. 24-47.

Lee, L. W., (1993), '*Would Harassing Drug Users Work?*', The Journal of Political Economy, Vol 101, No. 5: 939-959.

Levitt, Steven D., (1997). '*Using Electoral Cycles in Police Hiring to Estimate the Effect of Police on Crime*', American Economic Review 87: 270–90.

Poret, S., y Tejedo, C. (2006), '*Law Enforcement and Concentration in Illicit Drug Markets*', European Journal of Political Economy. (22): 99-114.

Poret, S. (2002), '*Paradoxical effects of law enforcement policies: the case of the illicit drug marke*', International Review of Law and Economics. Vol. 22: 465-493.

Portes, A. y Landholt, P. (1997). '*The downside of Social Capital*'. American Prospect.

Puttnam, R (1993). "The prosperous community: Social capital and public life". The American Prospect 13.

Reuter, P., (2001), '*The Need for Dynamic Models of Drugs Markets*', Bulletin on Narcotics. LIII (1 & 2). Disponible en: http://www.unodc.org/unodc/en/bulletin/bulletin_2001-01-01_1_page003.html

Sudarsky, J. (1999). "Colombia´s social capital: the national measurement with BARCAS." Congreso Mundial de la Asociación Internacional de Sociología. Tel Avit.

Zimbardo, Philip, (2007), '*The Lucifer Effect: Understanding How the Good People Turn Evil* ', New York and London: Random House.

PARTE IV

Aplicaciones en estrategia empresarial

Modelos estratégicos para entender la dinámica de los negocios[1] –

Martín Kunc

Profesor de Administración Estratégica

Escuela de Negocios

Universidad Adolfo Ibañez

Santiago, Chile

martin.kunc@uai.cl

1. El contenido de este capitulo esta basado en el capitulo 7 "System Dynamics Modelling for Strategic Development" realizado por Martin Kunc y John Morecroft publicado en el libro *Supporting Strategy: Frameworks, Methods and Models* editado por Frances A. O'Brien and Robert G. Dyson (2007), John Wiley & Sons Ltd, Chichester:UK

Introducción

El rol fundamental de los modelos estratégicos basados en la dinámica de sistemas es "ensayar las estrategias." "Ensayar las estrategias" significa seleccionar aspectos del mundo real, modelarlos y usarlos para testear la viabilidad de las estrategias antes y durante su implementación. Si las simulaciones revelan que la performance virtual del negocio no es satisfactoria, el equipo gerencial podría realizar ajustes tácticos preventivos durante la implementación antes de que los mismos afecten realmente al negocio. Estas simulaciones también pueden indicar cambios fundamentales en las iniciativas estratégicas o incluso redefinir los objetivos de la organización y la dirección estratégica que lleva. Ver figura 1

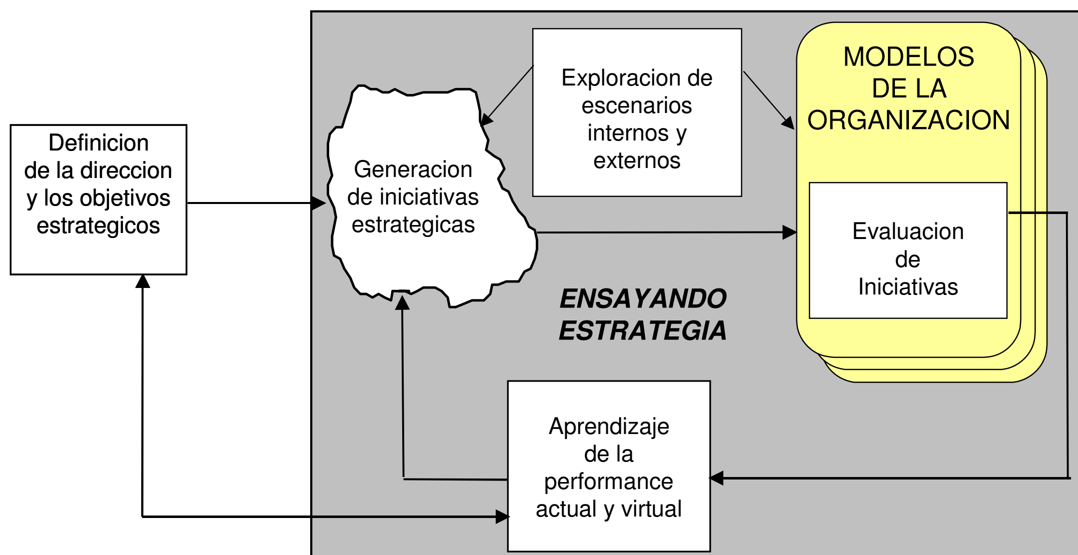


Figura 1. Ensayando la estrategia con modelos (basado en la figura 7.1 Rehearsing Strategy with Models del Capítulo 7 del libro mencionado en la introducción)

Durante el proceso de modelado se genera un dialogo interesante con el equipo gerencial acerca de las estrategias y sus posibles consecuencias en la performance de la organización., por lo que se dan oportunidades para evaluar las ideas estratégicas y

aprender del mundo virtual. Este aspecto es muy importante por dos razones: una es que las consecuencias de nuestras acciones en un sistema complejo no son inmediatas y claras sino más bien ambiguas; y la segunda razón radica en que los problemas estratégicos con problemas no-estructurados donde no se sabe bien que hacer, como hacerlo ni que resultado se pueden obtener. Por ello, los modelos comprimen el tiempo y el espacio para que sea posible a los gerentes experimentar y aprender las consecuencias de sus decisiones en el futuro y en partes distantes de la organización.

Durante la historia de la dinámica de sistemas, numerosos ejemplos de modelos estratégicos se han dado relacionados con crecimiento del mercado (Forrester, 1968; Sterman, 1988), migración de productos (Morecroft, 1984), desarrollo de personal profesional (Warren, 2002; Kunc, 2006); mejoras de procesos (Repenning y Sterman, 2002), diversificación (Gary, 2005) y formación de alianzas (Kapmeier, 2006) para nombrar algunos. En este capitulo, vamos a presentar un ejemplo y reflexiones finales.

EasyJet y el crecimiento de las aerolíneas de bajo costo en Europa[2]

Este modelo representa una buena ilustración del concepto de ensayo de estrategias usando la dinámica de sistemas[3]. El modelo identifica el ingreso de easyJet en la industria de las aerolíneas de bajo costo a mediados de los años 1990s. La situación describe la información provista en el caso de estudio "easyJet's $500 million gamble" (Sull, 1999). El párrafo inicial define la escena: "El caso de estudio detalla el rápido crecimiento de easyJet que empezó sus operaciones en Noviembre de 1995

[2] Este modelo ha sido desarrollado enteramente por John Morecroft.
[3] Este modelo no intenta explicar las estrategias llevadas a cabo por easyJet sino ser utilizado como herramienta para ensayar estrategias que aún no habian sido implementadas. Por lo tanto no existe un modo de referencia del comportamiento del sistema, más alla de la intuición del emprendedor y los objetivos a alcanzar. En las conclusiones se explican la utilidad de estos tipos de modelos.

desde el aeropuerto de Luton. En dos años, easyJet era considerada el modelo de la aerolínea de bajo costo y un fuerte competidor de las aerolíneas nacionales. La compañía tiene características operativas y de marketing bien diferenciadas, por ejemplo un tipo de avión, viajes cortos, sin comidas a bordo, rápido tiempo de preparación, alta utilización de los aviones, ventas directas, segmentos de clientes sensibles al precio y sus operaciones tercerizadas. Los gerentes de easyJet habían identificado tres de sus competidores de bajo costo y las estrategias de cada uno de ellos estaban detalladas en el caso de estudio. Pero easyJet también podría experimentar represalias más fuertes y, quizás, las más temidas, las represalias de las aerolíneas nacionales de bandera tales como KLM y British Airways. Estos son los desafíos que encontrara el dueño de easyJet, Stelios Haji-ioannu, cuando firmaba el contrato de $500 millones con Boeing in Julio de 1997 para comprar 12 nuevos aviones 737."

easyJet – Una idea brillante pero ¿funcionará realmente?

Imagínese siendo Stelios al momento de comprar los aviones. ¿Es realmente posible llenar esos 12 aviones? ¿Es una buena idea? El uso de un modelo y la simulación en esta temprana etapa del desarrollo de una estrategia sirve para verificar la viabilidad de la iniciativa cuando todavía esta en discusión. Si el modelo genera un escenario que sugiere dificultades o es directamente imposible llenar los aviones, entonces el modelo le ayudará a cuestionar la iniciativa, reconsiderar la inversión inicial en aviones y modificar el plan de implementación.

Al momento de realizarse esta compra, había diferentes opiniones sobre el movimiento estratégico en la industria e incluso dentro del equipo gerencial de la aerolínea. Para traer el modelo a este debate, primero debemos visualizar los problemas dinámicos que enfrenta el dueño y su equipo gerencial creando la demanda

(como atraer suficientes pasajeros para llenar 12 aviones) y manejando las represalias de sus rivales (que pasa si KLM o British Airways deciden entrar en una guerra de precios, como podría easyJet sostenerse, que podría provocar tal reacción). El primer paso es el mapa del negocio, una foto creada con el equipo gerencial, para pensar acerca del modelo de negocios y los procesos para atraer y retener los pasajeros y los factores que generaran las represalias de los competidores.

Ganando clientes en el nuevo segmento

La figura 2 muestra un stock, un lazo reforzador y varias relaciones causales para mostrar como la aerolínea atrae los nuevos pasajeros y comunica el nuevo concepto a los usuarios de las aerolíneas. La tarea de marketing no es pequeña por que debe esparcir la voz entre millones de pasajeros si desea llenar 12 nuevos Boeing diariamente.

Figura 2. La demanda de easyJet

Los pasajeros potenciales son representados como un stock que representa la acumulación de pasajeros que se han formado una impresión favorable de easyJet. Tengan en cuenta que no necesariamente han viajado por easyJet, pero lo harían si

pudieran. Es importante resaltar los aspectos de la adopción del servicio por parte de los clientes porque primero los clientes conocen, luego se interesan y con tiempo y persuasión lo compran. Esta etapa es una simplifación de la complejidad de las operaciones de la aerolínea, la cual es útil para concentrarnos es aquellos aspectos más esenciales del negocio y no perdernos en la complejidad de los detalles. Sin embargo, si el problema estratégico a resolver fuera el crecimiento de la organización (en lugar del crecimiento de los pasajeros potenciales) deberíamos incluir en el modelo las operaciones centrales del negocio tales como contratar empleados y comprar aviones, como se muestran en otro modelo estratégico de las aerolíneas de bajo costo: "People Express Management Flight Simulator" (Sterman, 1988)

El número de pasajeros potenciales empieza con una cantidad muy pequeña (sólo 5000) y la empresa debe hacerlo crecer, pero ¿cómo lo hace? El impulsor del crecimiento es un lazo reforzador que se encuentra en el centro de la figura 2 denominado "Motor de Crecimiento". En este lazo, los pasajeros potenciales son atraídos por parte de pasajeros actuales a través del boca-a-boca. Mientras mas pasajeros hay, mayor es la tasa de incremento de los pasajeros potenciales. Esta tasa se acumula en el stock de pasajeros potenciales, generando aún más pasajeros potenciales y completando el lazo reforzador.

Sin embargo, el boca-a-boca no es el único factor que determina el crecimiento de los pasajeros potenciales sino que su fuerza es moderada por el ratio de conversión, que depende de la tarifa relativa. La tarifa relativa compara la tarifa de easyJet con la de sus rivales. A mayor tarifa relativa, menor es la conversión de los pasajeros potenciales atraídos por el boca-a-boca. La relación causal dibujada entre tarifa relativa y ratio de conversión tiene un signo negativo "-" para indicar esta relación inversa o negativa entre ambas variables.

Estas relaciones son capturadas en ecuaciones algebraicas para poder ser simuladas y entendidas en función del tiempo. Pero también pueden ser analizadas intuitivamente con el equipo gerencial a medida que se generan preguntas en el equipo gerencial[4], por ejemplo a menor tarifa de easyJet con respecto a sus rivales establecidos mayor es el ratio de conversión del boca-a-boca y mayor será el boca-a-boca. Una tarifa excepcionalmente baja es un tema de conversación entre el público viajero, tal como sucede en la vida real. Aunque una tarifa especialmente baja podría ser sospechosa, en el caso este factor no es relevante porque estamos hablando de la compra de aviones nuevos. La relación entre la tarifa relativa de easyJet y sus rivales (variable X) y el ratio de conversión de pasajeros (variable Y) puede ser dibujada en un gráfico siguiendo la opinión del gerente de marketing o estudios de agencias de publicidad (ver figura 3). En el caso particular de este modelo, cuando la tarifa de easyJet es 30% de la tarifa de sus rivales, el ratio de conversión es 2.5, esto significa que cada pasajero trae 2.5 pasajeros más por año. Sin embargo, si la tarifa está al 50% de la tarifa de sus rivales, el ratio de conversión baja a 1.5 y al 70% es de sólo 0.3. Si la tarifa de easyJet es igual a la de sus rivales entonces el ratio de conversión sería cero porque una tarifa igual a la de una aerolínea existente no sostendría el boca-a-boca. Este simple ejercicio de definir el ratio de conversión del boca-a-boca en función de las tarifas relativas nos muestra cómo se tratan diversos temas estratégicos durante el proceso de desarrollo del modelo. Por ejemplo, el hecho de que la tarifa relativa no puede sostener el boca-a-boca nos muestra las barreras de entrada que tiene la empresa en el negocio en términos cuantitativos. En cierto sentido la falta de conocimiento en el mercado de la aerolínea supone un descuento importante en el

[4] El proceso de definición de las relaciones no lineales entre dos variables en conjunto con expertos (en este caso el equipo gerencial) consiste en la identificación de puntos de referencia donde las relaciones entre las variables son factibles y conocidas, luego la conexión entre los puntos de referencia se realiza usando líneas rectas. A mayor cantidad de puntos de referencia identificados, mayor certeza con el gráfico obtenido.

precio como factor impulsor de la compra y con ello la necesidad de que sus costos sean lo suficientemente bajos, al menos en un principio, para poder sostener esa falta de legitimidad en el mercado. En la figura 3 se muestra como quedaría la relación entre las variables según la discusión sostenida.

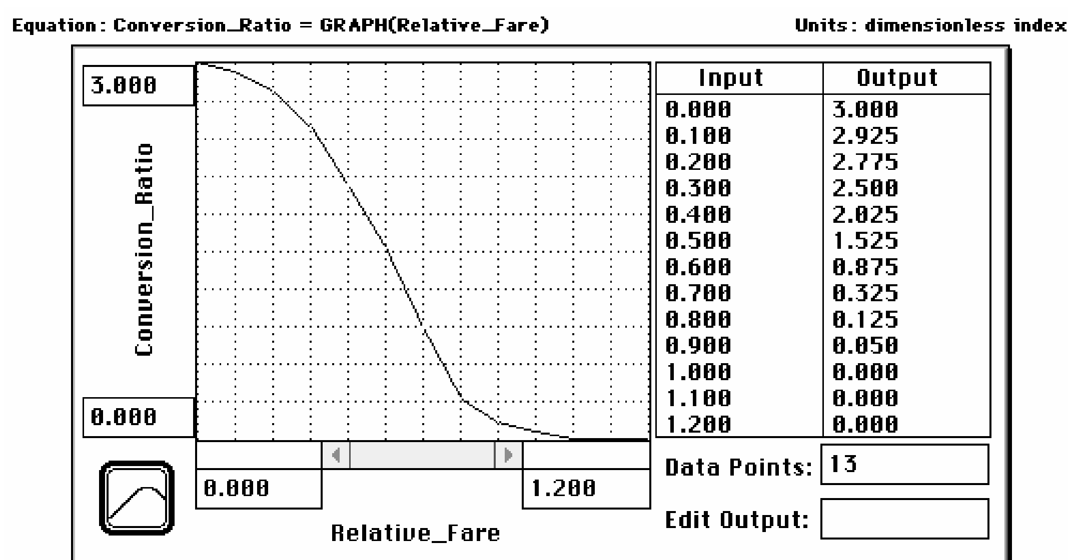


Figura 3. Tabla correspondiente a la relación tarifa relativa “Relative_Fare” con tasa de conversión de pasajeros “conversión Ratio” (modelo “Fliers Simulator” desarrollado por John Morecroft y otros (1999))

Para sobrellevar la desventaja del conocimiento, easyJet puede recurrir a los gastos en marketing, otro de las relaciones causales indicadas en la figura 2. Esta relación es formulada como el producto del gasto en marketing en dinero y la efectividad de dicho gasto. El gasto en marketing es una de las variables que pueden ser modificadas por el equipo gerencial para entender sus efectos en la dinámica del negocio. La efectividad del gasto en marketing representa el número de pasajeros potenciales que se atraerán por cada unidad monetaria gastada en marketing. Esta información puede ser recogida de otros negocios, solicitadas a consultoras en

marketing o simplemente reportada por el gerente de marketing. En el caso, la gerencia de marketing contaba con un presupuesto de 2.5 millones de dólares por año y el gasto tiene una efectividad de 0.05 pasajero por dólar gastado, con lo cual con ese presupuesto la gerencia de marketing puede traer 125.000 potenciales pasajeros por año ¿es suficiente o debería gastarse más? ¿Qué sucede si hay diferentes estudios sobre la efectividad del marketing? ¿Qué conviene más en el corto, mediano y largo plazo: empezar con una tarifa muy baja y gastar poco en marketing o gastar mucho en marketing y empezar con una tarifa más alta? Todas estas preguntas pueden ser respondidas usando esta sección del modelo.

Hasta el momento sólo nos hemos concentrado en el crecimiento del negocio, pero ¿qué pasa con nuestros clientes si no están satisfechos? ¿Qué efecto tendría la reputación del servicio en su fidelidad? La perdida de pasajeros depende de la reputación del servicio. A menor reputación, mayor es la tasa de pérdida (por ello el signo negativo). A mayor pérdida, menor cantidad de pasajeros. Los especialistas de la industria nos dirán que la reputación depende de la facilidad de la reserva, puntualidad, seguridad, servicio a bordo y calidad de las comidas. Para los vuelos cortos, la puntualidad es usualmente el factor dominante. El modelo no representa todos estos factores explícitamente sino que los representa con un stock que puede ser inicializado en una escala entre 0.5 (muy malo) y 1.5 (muy bueno). Si la reputación es muy buena entonces los pasajeros mantienen una impresión favorable de easyJet, entonces la pérdida anual de pasajeros es pequeña, solo 2.5% por año. Si la reputación es muy pobre entonces la pérdida de pasajeros por año es demasiado alta, hasta 100% por año. En este caso, no se han dibujados flujos de entrada o salida al stock porque los factores que determinan el cambio en la reputación del servicio están afuera del modelo. La decisión de no incluir el proceso de cambio en la reputación del servicio

surge de las discusiones entre el equipo gerencial, donde la opinión era que en esta etapa de viabilidad era importante saber el efecto de la reputación del servicio en el desarrollo del negocio pero no el efecto del desarrollo del negocio en la reputación de servicio. Sin embargo, el equipo gerencial consideraba que cada punto de reputación de servicio tenía un costo específico para la empresa, y esa información era parte del monto a invertir. Para definir el indicador, la empresa había realizado sesiones de focus group con potenciales pasajeros para determinar las características del servicio y sus efectos en el índice.

Esta etapa de desarrollo del modelo y testeo parcial nos ha servido para optimizar la inversión a realizar en el comienzo del negocio con el objeto de obtener la cantidad de clientes necesarios para llenar los aviones: ¿cómo debo invertir en precio, gasto de marketing o calidad de mi servicio para optimizar mi costo maximizando la cantidad de pasajeros a obtener? Sin embargo, estas ideas parte del supuesto que no tendríamos rivales o al menos ellos no reaccionarían. En la etapa siguiente vemos cómo podemos representar los rivales en nuestro modelo.

Represalias de los rivales

La figura 4 muestra el diagrama de stocks y flujos que representan a nuestros rivales en el modelo y las represalias de los rivales más temidos: las aerolíneas de bandera. Es importante indicar que este diseño es *una de las maneras* de representar a los rivales y sus procesos. Parte del trabajo del modelador es lograr la representación compartida por el equipo gerencial más simple posible basándose en el conocimiento altamente sofisticado pero muchas veces conflictivo del equipo gerencial. La pregunta a hacerse es ¿hasta que punto se necesita representar detalladamente a los rivales tales como KLM o British Airways para entender la amenaza que ellos

generan para la empresa y la viabilidad de su proyecto de inversión? Recuerden que los gerentes también simplifican la realidad generando estereotipos!!!

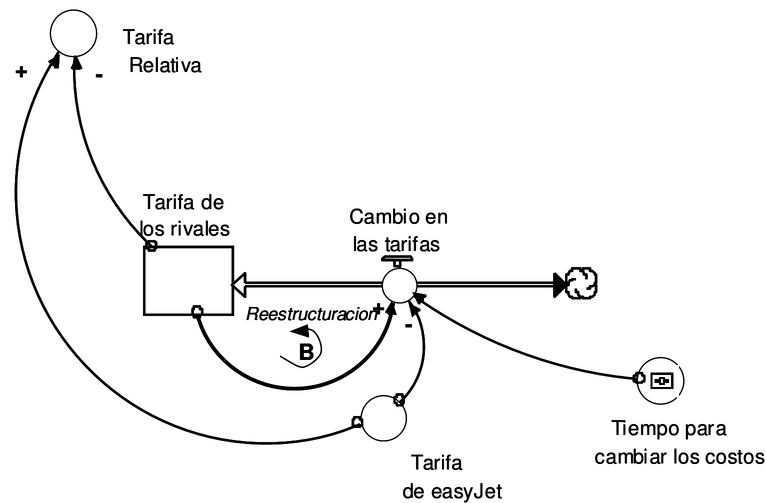


Figura 4. La rivalidad en la industria

La figura 4 muestra la información suficiente para indicar cómo, colectivamente, pueden los rivales para el crecimiento de easyJet. Recuerden que el proceso boca-a-boca estaba fuertemente influido por la tarifa relativa con respecto a sus rivales. Entonces la pregunta dinámica a hacerse es ¿qué pasa si los competidores tratan de igualar el precio de easyJet en el tiempo? Esta parte del modelo representa precisamente el proceso de ajuste de los rivales y trata de responder a esa pregunta. En el corazón de este sector hay un lazo balanceador denominado “Reestructuración”. La tarifa de los rivales es representada como un stock que acumula los cambios realizados a sus tarifas, que dependen de tres factores: la tarifa de easyJet, su tarifa actual y el tiempo para cambiar su estructura de costos. El uso del stock implica que les toma tiempo y esfuerzo a las aerolíneas establecidas bajar sus tarifas. Las empresas no pueden reducir sus tarifas a menos que puedan bajar sus costos y una

aerolínea como KLM puede llevarle años alcanzar paridad en costos con respecto a una aerolínea de bajo costo. El proceso de buscar paridad en costos es un proceso balanceador donde el objetivo es llegar a igualar la tarifa de easyJet.

Para entender la operación, supongamos que los rivales comienzan con una tarifa de 0.25 U$S por pasajero kilómetro y se fijan un objetivo de 0.09 U$S, igual que easyJet (aunque las aerolíneas usan sistemas de administración de ventas con tarifas variables donde algunos asientos pueden ser vendidos al mismo, o aun por debajo del, precio de easyJet, nuestro foco aquí es en los grandes descuentos ofrecidos originalmente por las líneas de bajo costo y disponible para todos los asientos). La magnitud de la tarea para igualar los costos de easyJet por parte de las aerolíneas tradicionales es claro ahora – hay un 64% de diferencia entre la tarifa inicial de 0.25 U$S y la tarifa de easyJet de 0.09 U$S. Un cambio tan enorme sólo puede ser alcanzado por medio de una reestructuración en el negocio de los competidores.

El cambio en la tarifa de los rivales es controlado por el lazo balanceador "Reestructuración" que reduce gradualmente la tarifa para igualar la tarifa definida por easyJet. El proceso de reestructuración depende del tiempo para cambiar los costos. Normalmente uno espera que el tiempo de ajuste sea de varios años, en el modelo está definido inicialmente en 4 años. Está información fue confirmada por el gerente de operaciones que proviniendo de otra aerolínea sabía los problemas legales y complejidades operativas para reestructurar el negocio de las aerolíneas tradicionales.

Por supuesto que este pequeño modelo de pasajeros y ajuste de tarifas de los rivales es un bosquejo de una realidad más compleja. Sin embargo, el modelo contiene detalle suficiente para una discusión informativa entre un equipo gerencial

acerca del crecimiento del número de pasajeros y la represalias de los rivales actuales. Cuando el modelo sea simulado contiene suficiente complejidad dinámica para generar escenarios de crecimiento lo suficientemente provocativos para ayudar a la gerencia a *ensayar su estrategia* de compra de aviones.

Generando Escenarios para easyJet

Un cálculo estimado sugiere que la aerolínea necesita atraer 1 millón de pasajeros anuales si quiere llenar 12 aviones completamente. ¿Qué combinación de boca-a-boca y gastos de marketing atraerán este número de pasajeros? ¿Cuánto tiempo tomará alcanzarlo? ¿Cuáles son los riesgos de las represalias en precio de los rivales? Estas son preguntas que se pueden evaluar usando el modelo generado.

Las figuras 5 y 6 nos muestran el crecimiento de los pasajeros potenciales sobre el periodo 1996 al 2000 bajo dos enfoques diferentes en el gasto de marketing (agresivo y conservador) y bajo el supuesto de un nivel de represalia bajo por parte de los rivales. El programa de marketing agresivo supone un gasto cinco veces mayor que el programa conservador (2.5 millones por año vs. 0.5 millones por año). En ambas figuras la línea horizontal nos indica el número de pasajeros requerido para llenar 12 aviones. Esta línea es una referencia útil para comparar el número de pasajeros potenciales obtenido por la simulación. Si las simulaciones superan dicha línea, se puede decir que la estrategia es factible.

Considere primero el resultado del programa agresivo en la figura 5. Al comienzo la aerolínea es casi desconocida a pesar de sus ambiciones. Entre el año 1997 y el 1998 el número de pasajeros potenciales sube abruptamente a medida que el boca-a-boca continua empujando el crecimiento. A mediados de 1997 el número de pasajeros ha alcanzado el objetivo de 1 millón requerido para llenar los asientos. A

medida que el motor del crecimiento continua, la cantidad crece hasta llegar al total de la población posible de ser alcanzada con los 12 aviones volando 3 vuelos ida-vuelta por día.

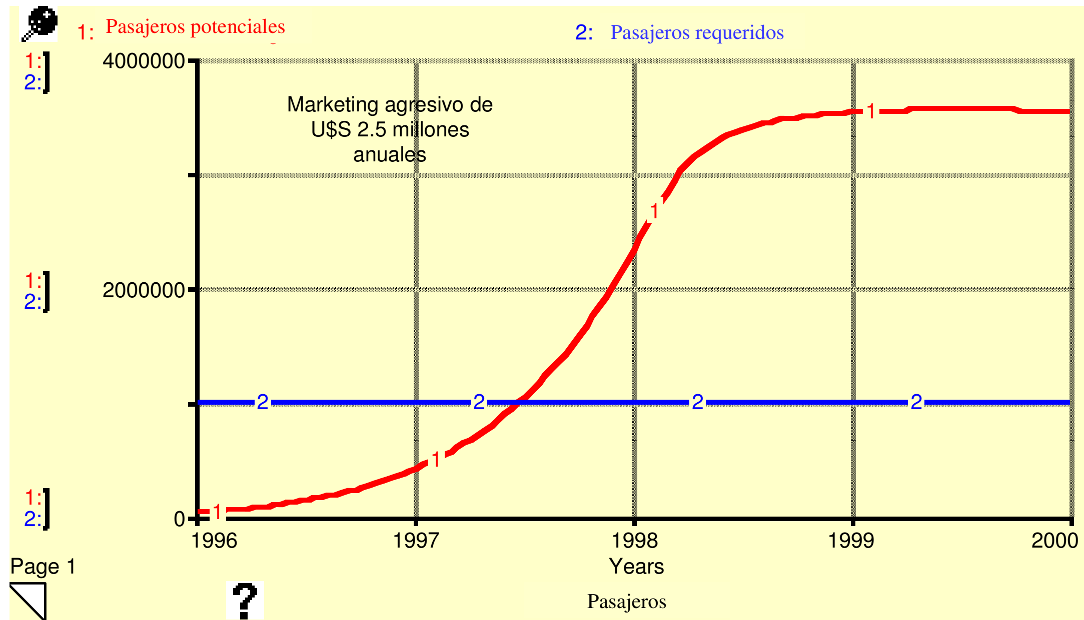


Figura 5. Simulación del Programa de Marketing agresivo con represalias de baja intensidad

Considere ahora la figura 6 que muestra el efecto de un programa de marketing más conservador. El gasto es de solo 0.5 U$S millones anuales. En este caso, alcanzar el mínimo requerido nos lleva casi un año más. El programa conservador simplemente difiere el crecimiento pero no altera el tamaño de la base de clientes final. Sin embargo, al final del año 2000 la empresa pudo haber ahorrado U$S 8 millones en gasto de marketing (ahorro de U$S 2 millones por 4 años) y aún así alcanzó a todos los clientes posibles.

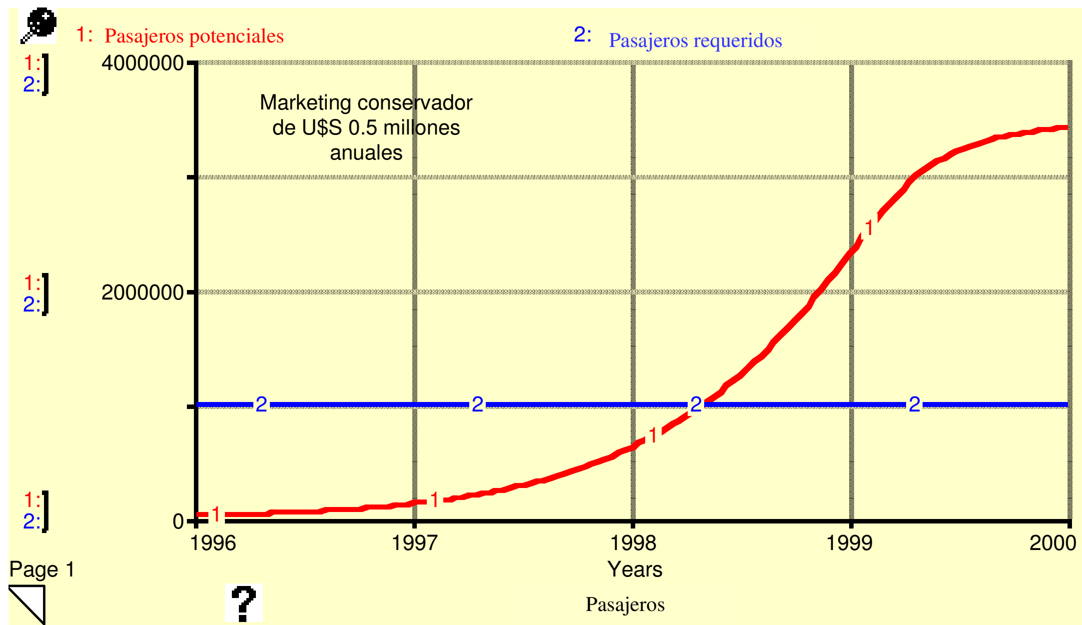


Figura 6. Simulación del Programa de Marketing conservador con represalias de baja intensidad

Las siguientes simulaciones nos muestran los mismos programas de marketing (agresivo y conservador) bajo el supuesto que nuestros rivales realizarán sus represalias más rápido. Las aerolíneas podrán mejorar sus procesos de reducción de costos y realizarlos en la mitad del tiempo originalmente pensado (2 años en lugar de 4 años) y como resultado las figuras 7 y 8 nos muestran un panorama completamente diferente con respecto al caso base. Desde el punto de vista de viabilidad de la empresa, podemos ver que la estrategia que emplea un programa de marketing agresivo mantiene su efectividad, figura 7. Los rivales, aunque ahora son más rápidos, parecen que no son capaces de prevenir el ingreso de nuestra empresa en el mercado desde la oscuridad a la viabilidad comercial, aunque la reducción de precios si reduce el límite del mercado convencido de usar la aerolínea.

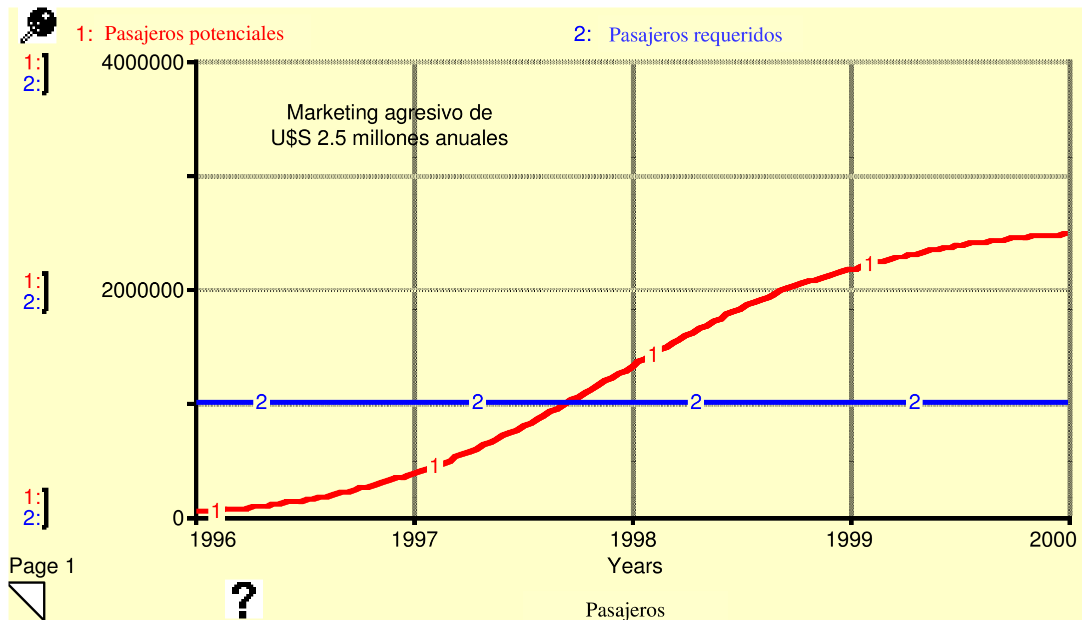


Figura 7. Simulación del Programa de Marketing agresivo con rivales rápidos

Un cambio estratégicamente significativo se puede observar en la figura 8. easyJet no es capaz de llenar sus 12 nuevos aviones porque es incapaz de atraer una cantidad suficiente de pasajeros en 4 años. El crecimiento de la empresa desde la oscuridad hasta la visibilidad no ocurre nunca. El programa conservador sólo atrae pocos pasajeros y falla en generar el proceso de boca-a-boca. Para el tiempo que el mensaje de precios bajos ha alcanzado a unos cientos de miles de pasajeros (al final del año 1997) la única ventaja competitiva de easyJet ha desaparecido: sus rivales ahora son también de bajo precio. Un escenario con rivales más capaces ha sido fatal para tratar de crecer por medio de boca-a-boca. Esta es exactamente la clase de "sorpresas en el futuro" que las simulaciones traen a los gerentes para desafiar sus preconcepciones durante el proceso de desarrollo de estratégicas.

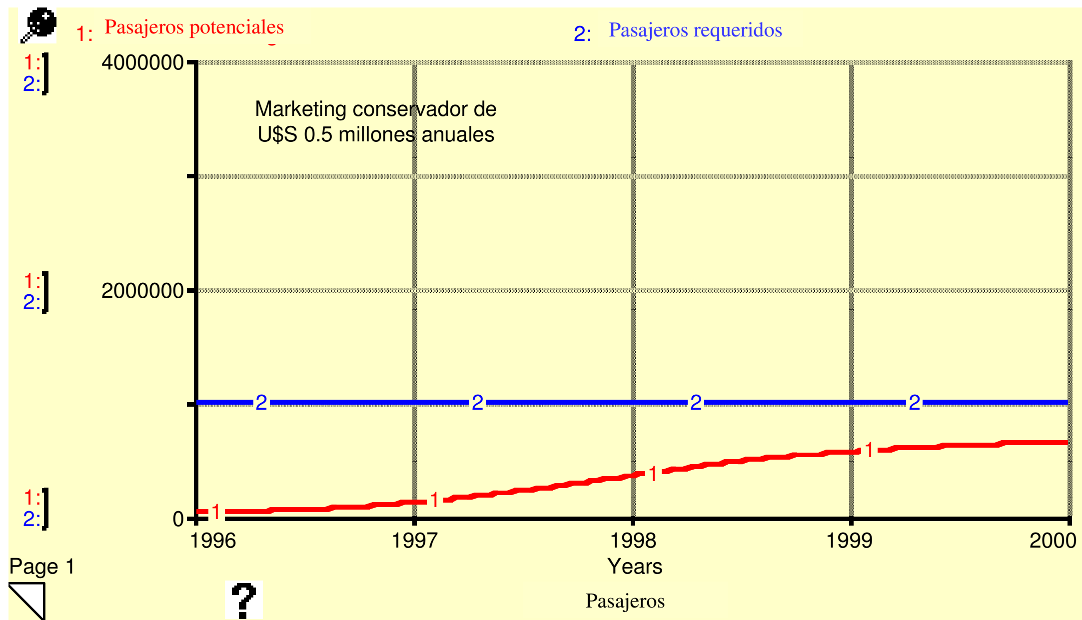


Figura 8. Simulación del Programa de Marketing conservador con rivales rápidos

Reflexiones sobre el uso de la dinámica de sistemas como herramienta para el desarrollo de estrategias

La dinámica de sistemas tiene una larga tradición desarrollando modelos para problemas estratégicos y este capitulo proporciona una muestra de ello. El modelo de easyJet nos brinda una muestra de modelos pequeños en tamaño (cantidad de variables) pero igualmente interesantes para lograr un entendimiento de la complejidad dinámica del negocio. El modelo de easyJet condensa el problema del tiempo en sólo unas pocas variables y lazos realimentadores, permitiendo rápidos tests de viabilidad de las iniciativas estratégicas para **complementar** el juicio de la gerencia y **desafiar** la sabiduría existente.

El ejemplo presentado nos muestra que los modelos de dinámica de sistemas de varios tamaños pueden soportar el proceso de desarrollo de estrategias. No hay un modelo perfecto de la organización que pueda revelar el resultado futuro de las estrategias con seguridad. Modelizar sigue siendo fundamentalmente un arte y una

ciencia para interpretar la complejidad, y siempre hay una opción para definir cuanto detalle incluir dependiendo del propósito del modelo. Sin embargo, los modelos pequeños no implican liviandad en el análisis del problema, por el contrario realizar modelos pequeños refleja el conocimiento del diseñador de la literatura relevante, la capacidad para abstraerse de la complejidad de los detalles y el arte de saber capturar las representaciones fundamentales de la complejidad dinámica existente en los problemas estratégicos. Siendo los problemas estratégicos del tipo de problemas no-estructurados, el proceso de modelización es el que nos indica fundamental **cuál es el problema** más que el cómo se resuelve el mismo: un área netamente dominada por métodos de optimización a nivel tácito/operativo.

Referencias

Forrester, JW 1968, Market Growth as Influenced by Capital Investment, *Industrial Management Review*, vol. 9, no. 2, pp. 83-105.

Gary, S 2005, Implementation Strategy and Performance Outcomes in Related Diversification, *Strategic Management Journal,* vol. 27, no. 7, pp. 643-664.

Kapmeier, F 2006, 'Dynamics of Interorganizational Learning in Learning Alliances', PhD Thesis, Betriebswirtschaftliches Institut, Stuttgart University.

Kunc, M 2005, 'Dynamics of Competitive Industries: A Micro Behavioural Framework', PhD Thesis, London Business School.

Kunc, M 2006, 'Achieving a balanced organization in professional services firms: Some lessons from a modelling project', 24th International System Dynamics Conference, The Netherlands.

Morecroft, JDW forthcoming 2007, *Strategic Modelling and Business Dynamics: A Feedback Systems View,* Wiley, Chichester.

Morecroft, JDW 1984, Strategy Support Models, *Strategic Management Journal,* vol. 5, no. 3, pp. 215 – 229.

Repenning, NP & Sterman, JD 2002, Capability Traps and Self-Confirming Attribution Errors in the Dynamics of Process Improvement, *Administrative Science Quarterly,* vol. 47, pp. 265-295.

Senge, PM 1990, *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization,* Doubleday Currency, New York NY.

Sterman, JD 1988, *People Express Management Flight Simulator: software and briefing materials*, Sloan School of Management-MIT, Cambridge MA.

Sterman, JD 2000, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World*, Irwin McGraw-Hill, Boston MA.

Sull, D 1999, easyJet's $500 Million Gamble with commentary by Costas Markides, Walter Kuemmerle and Luis Cabral, *European Management Journal,* vol. 17, no. 1, pp. 20-38.

Warren, K 2002, *Competitive Strategy Dynamics,* Wiley, Chichester.

FODA y Porter Dinámico

Fabián Szulanski

Director Centro de Dinámica de Sistemas, ITBA

fabiansz@hotmail.com

Abstract

Es de suma practicidad, al momento de elegir herramientas para planificación estratégica, hacer uso del FODA, conocida herramienta matricial utilizada desde alrededor de 1970. En el caso de la matriz FODA, el autor propone plasmar las vinculaciones causales entre los cuadrantes de la matriz, así como las acciones que llevan a los objetivos deseados en el marco de esta herramienta, con el lenguaje y herramientas del pensamiento dinámico sistémico, añadiendo valor a la clásica herramienta de referencia. En el caso del diagrama de las 5 fuerzas de Porter, el autor propondrá oportunidades de desarrollos futuros partiendo de la dinamización de las fuerzas.

Introducción

Existen diferentes trabajos en los últimos 15 años que intentan agregar valor, desde la Dinámica de Sistemas y el Pensamiento Sistémico, a diferentes herramientas clásicas de la gestión.

Entre ellas el Balanced Scorecard Dinámico (Phernau, 1998), Gestión del Conocimiento www.sveiby.com , y Estrategia apreciativa, Prospectiva, y Sistemas ERP (del autor de este trabajo), entre otros.

La utilidad de estas integraciones metodológicas es evidente: la de agregar “movimiento” a las visiones generalmente estáticas de estas herramientas, y a veces, agregar una utilidad de simulación para la prueba de políticas en un entorno seguro, frente a diferentes escenarios.

En el presente trabajo, el autor se propone integrar Pensamiento dinámico-sistémico a la herramienta denominada FODA, y al diagrama de 5 fuerzas de Porter.

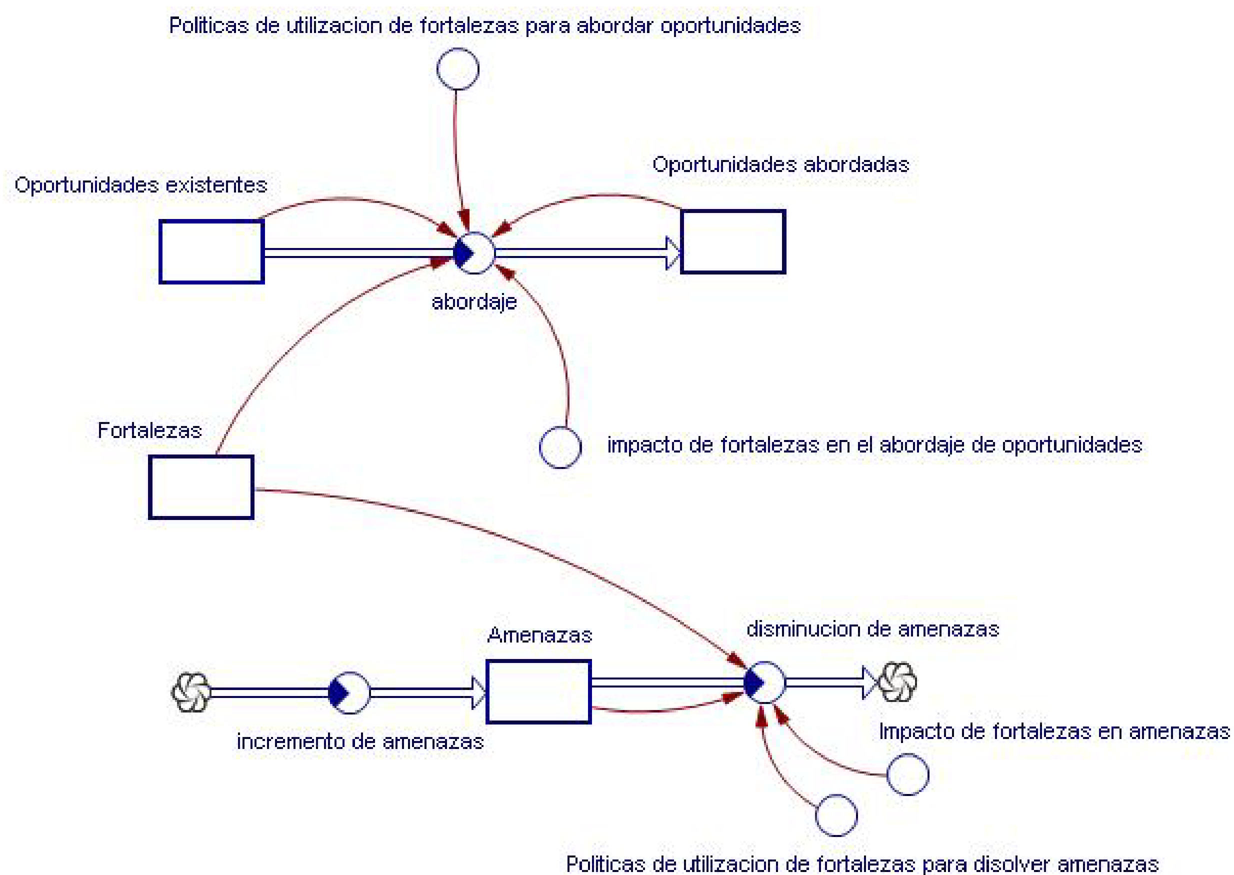
FODA Dinámico

Antecedentes

La empresa eCompass www.ecompass.com.au propone un marco denominado "Dynamic SWOT Analysis" , a partir del cual el autor desarrollara un diagrama de stocks y flujos que represente el proceso de dicho análisis.

	STRENGTHS	**WEAKNESSES**
	•	•
OPPORTUNITIES	STRATEGIES USING STRENGTHS TO ADDRESS OPPORTUNITIES	STRATEGIES TO OVERCOME WEAKNESSES & EXPLOIT OPPORTUNITIES
•	•	•
THREATS	STRATEGIES TO COUNTER THREATS WITH STRENGTHS	STRATEGIES TO TAKE CORRECTIVE ACTION WHERE VULNERABLE
•	•	•

Las estrategias planteadas en la plantilla anterior, pueden ser modelizadas según la metodología de Dinámica de la Estrategia www.strategydynamics.com , quedando reflejadas en un diagrama de stocks y flujos como el siguiente (ejemplo para dos de las 4 estrategias planteadas)



Porter Dinámico

Antecedentes:

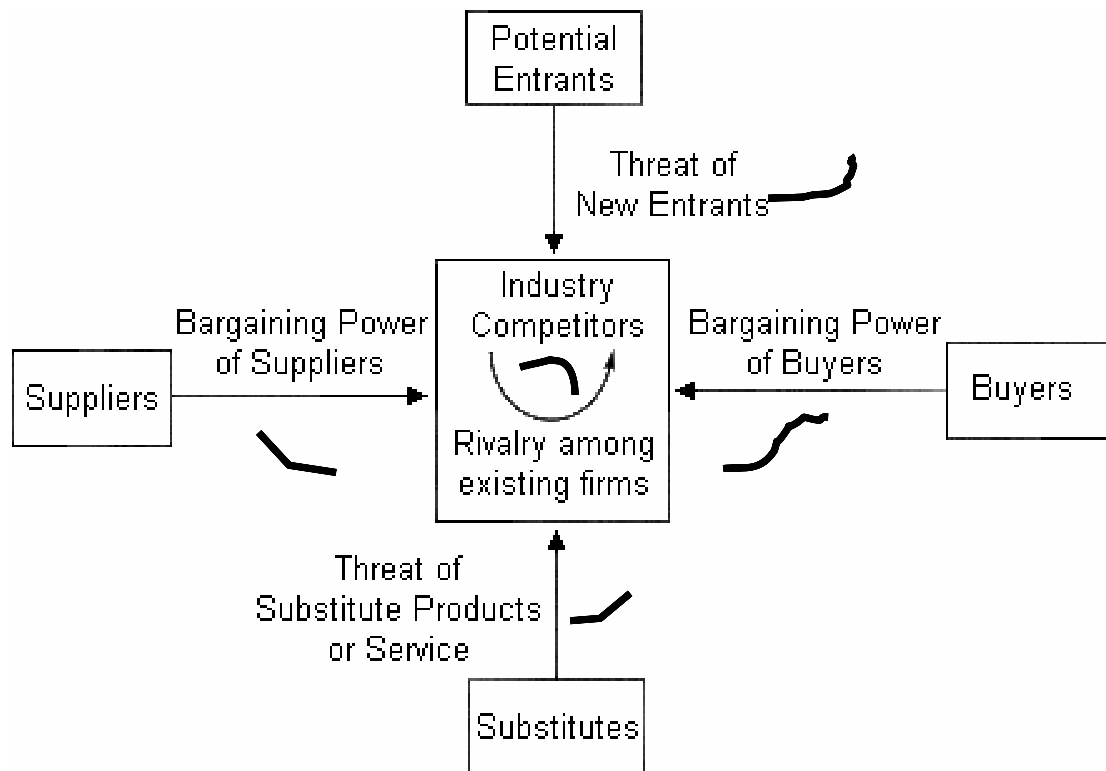
El autor no ha encontrado antecedentes respecto a esta integración.

Cómo agregar valor al diagrama de las 5 fuerzas de Porter?

Recordando el diagrama del Iceberg, que muestra Eventos, Patrones de Comportamiento y Estructura, el autor propone un proceso de indagación para determinar cómo ha sido el patrón de comportamiento de cada una de las 5 fuerzas del diagrama de Porter, en un horizonte de planeamiento determinado, y para ciertos escenarios precisos.

Una vez concluido el proceso de indagación se podrá definir un Modo de Referencia, compuesto por 5 gráficas a través del tiempo, que permitirá más adelante enriquecer el proceso de planificación por escenarios, apoyado por el diagrama de las 5 fuerzas de Porter y un modelo de simulación dinámica-

El Modo de Referencia permitirá luego construir un Diagrama de Lazos Causales y un modelo de simulación dinámica.



Nota sobre el FODA

Similarmente a lo realizado con el diagrama de las 5 fuerzas de Porter, los ítems que figuran en el FODA pueden ser objeto de indagación para determinar un modo de referencia que permita simular el FODA ante un escenario determinado.

Conclusiones

Al igual que en otros trabajos presentados por el autor, éste propone la integración del pensamiento dinámico-sistémico a los esquemas y metodologías de uso normal en ámbitos organizacionales, educativos, gubernamentales y otros.

Asimismo, el autor desafía a la comunidad latinoamericana de dinámica de sistemas a utilizar estas integraciones innovadoras en asuntos complejos y en casos de estudio reales

Referencias

Ferneau, Phil, 1998: The Dynamic Scorecard. Presentación en PowerPoint no publicada.
Szulanski Fabián. El autor puede enviar los diferentes trabajos según el interés de los lectores.